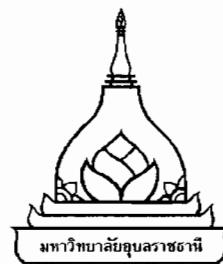


การบำบัดก้าชการ์บอนมอนอกไซด์ในห้องจำลอง
ด้วยกระบวนการโพโตคอะไทดิกออกซิเดชัน
โดยใช้แผ่นกรองไยไหมที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์

พัชราภรณ์ สารเสนา

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

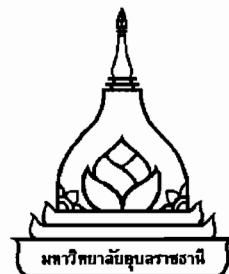


**TREATMENT OF CABON MONOXIDE IN A MODELING ROOM
VIA PHOTOCATALYTIC OXIDATION USING TITANIUM DIOXIDE
COATED SILK FILTER**

PHATCHARAPORN SANSANA

**AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
MAJOR IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2014**

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ^๑
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง การนำบันทึกการบูรณา掎อกใช้ด้วยห้องจำลองค่วยกระบวนการไฟฟ้ากระแสสลับ

ออกซิเดชั่น โดยใช้แผ่นกรองไข่ไก่ที่เคลือบด้วยไททาเนียมโดยออกใช้ด้วยห้องจำลองค่วยกระบวนการไฟฟ้ากระแสสลับ

ผู้วิจัย นางสาวพัชราภรณ์ สารเสนา

คณะกรรมการสอน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัตรชัย กันยาธุช

ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาดา สนองรายภร

กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมภพ สนองรายภร

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
H-L. Ohr......

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาดา สนองรายภร)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นนท แสงเทียน)

คณะกรรมการสอน

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

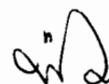
ปีการศึกษา 2557

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ลุล่วงไปด้วยดีด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาดา สนองรายภูร์ ซึ่งท่านเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ท่านเคยชี้แนะแนวทางแก้ปัญหา ช่วยออกแบบ การทดลองให้ความรู้ ให้คำปรึกษาที่ดีตลอดมา ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณคณะกรรมการทุกท่านที่ได้เสียสละเวลา มาสอบปริญญานิพนธ์ พร้อมทั้งช่วยชี้แนะ และแสดงความคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จึงทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาศัลการสั่งแพทย์ ลักษณะน้ำที่ดี ให้ความรู้ สร้างเสริมสติปัญญาให้ก่อเกิด ทั้งปัจจุบันและระยะเวลาที่ผ่านมา ทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาศัลการสั่งแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่เคยให้ความช่วยเหลือด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ในการทดลอง พร้อมทั้ง อำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา และขอขอบคุณเพื่อนๆ ในภาควิชา ศัลการสั่งแพทย์ ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจให้กับตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจสำคัญ



(นางสาวพัชราภรณ์ สารเสนา)

ผู้เขียน

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง	: การบำบัดก้าชการ์บอนนอนออกไซด์ในห้องจำลองด้วยกระบวนการไฟฟ้ากระแสไฟฟ้า
โดย	: พัชราภรณ์ สารเสนา
ชื่อปริญญา	: วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	: วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาดา สนองรายภรร
คัพท์สำคัญ	: แผ่นกรองไนโตรเจน ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าก่อซิเดชัน ก้าชการ์บอนนอนออกไซด์

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาการสังเคราะห์แผ่นกรองไนโตรเจนไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ เพื่อบำบัดกลิ่นอากาศภายในอาคาร โดยมีกลิ่นทางอากาศที่ใช้คือ ก้าชการ์บอนนอนออกไซด์ที่เกิดจาก昆布หรือ แสงสีฟ้า เช่นเดียวกับอนเตเป็นตัวทำลายและขึ้นรูปแผ่นกรองรังไหนที่มีความเรียบสม่ำเสมอ โดยใช้บล็อกอลูมิเนียมในการขึ้นรูป แล้วนำแผ่นกรองรังไหนที่ได้ไปเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ ในปริมาณร้อยละ 1.0, 2.5, 5.0 และ 7.5 โดยนำหนักของสารละลาย จากนั้นนำไปทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นกรองในการบำบัดก้าชการ์บอนนอนออกไซด์ โดยผ่านกระบวนการไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าก่อซิเดชัน ซึ่งใช้หลอด UV-C ที่มีความเข้มแสง 0.22 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 100 200 และ 300 พีพีเอ็ม ที่อัตราการไหล 4 ลิตรต่อนาที ในห้องจำลองแบบปิดที่มีขนาด $45 \times 50 \times 40$ เซนติเมตร เวลาในการบำบัด 400 นาที จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดก้าชการ์บอนนอนออกไซด์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นและปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน พบร่วมกัน พบว่าแผ่นกรองไนโตรเจนที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 2.5 ให้ประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีที่สุด ($97.00 \pm 0.25\%$) ที่ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 300 พีพีเอ็ม

ABSTRACT

TITLE : TREATMENT OF CABON MONOXIDE IN A MODELING ROOM VIA PHOTOCATALYTIC OXIDATION USING TITANIUM DIOXIDE COATED SILK FILTER

BY : PHATCHARAPORN SANSANA

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : ENVIRONMENTAL ENGINEERING

CHAIR : ASST.PROF. WIPADA SANONGRAJ, Ph.D.

KEYWORDS : SILK FIBROIN FILTER / PHOTOCATALYTIC OXIDATION / CABONMONOXIDE

The main objective of this study was to develop the synthesis of titanium dioxide coated silk fibroin (SF) filters for indoor air removal. The indoor air pollutant used in this study was carbon monoxide from tobacco smoke. Sodium carbonate (Na_2CO_3) was applied as a solvent for extraction of silk sericin from silk fibroin. The forming of SF filter into a uniformly rectangle shape using an aluminum block was also investigated. The synthesized SF filters were then coated with titanium dioxide (TiO_2) at the dosages of 1.0, 2.5, 5.0 and 7.5 percentage by weight of solvent. The CO removal efficiency of the filters via photocatalytic oxidation with a UV-C lamp having a light intensity of 0.22 milliwatts per square centimeter were tested at the initial concentrations of 100, 200, and 300 ppm at an air flow rate of 4 liters per minute in a closed modeling room with the size of $45 \times 50 \times 40$ centimetres. From the study of CO removal efficiency at different initial concentrations and TiO_2 dosages, it was found that the highest removal efficiency ($97.00 \pm 0.25\%$) was obtained when using the 2.5 percentage by weight of TiO_2 coated SF filter and initial concentration of 300 ppm.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 สมมติฐานการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ผลกระทบทางกายภาพในอาคาร	4
2.2 คาร์บอนมอนอกไซด์	7
2.3 กระบวนการไฟไหม้และก่ออุดมชีเดชัน	9
2.4 ไฟฟานียมไคออกไซด์	12
2.5 ความรู้เกี่ยวกับไฟไหม้	16
2.6 อื่นๆ	22
3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษาวิจัย	
3.1 สารเคมีที่ใช้	23
3.2 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ	23
3.3 ขั้นตอนการเตรียมการวิจัย	26
3.4 การสังเคราะห์และขึ้นรูปแผนกรองไฟโบราณ	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 การศึกษาการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไนโตรเจน	27
3.6 การคำนวณประสิทธิภาพจากการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	30
4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล	
4.1 ลักษณะของแผ่นกรองไนโตรเจนอินสังเคราะห์ได้	31
4.2 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไนโตรเจนที่ไม่เคลือบไททาเนียมโดยออกไซด์และไม่เปิดแสง UV-C	34
4.3 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไนโตรเจนที่เคลือบไททาเนียมโดยออกไซด์ที่ปริมาณแตกต่างกัน ด้วยกระบวนการโฟโตකัลเซียติกออกซิเดชั่น	35
4.4 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไนโตรเจนที่ไม่เคลือบไททาเนียมโดยออกไซด์และเปิดแสง UV-C	40
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	43
5.2 ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต	44
เอกสารอ้างอิง	45
ภาคผนวก	
ก การใช้เครื่องมือวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์รุ่น CO-220	50
ข ผลการทดลอง	56
ประวัติผู้วิจัย	93

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ก.1 ข้อมูลเพื่อความปลอดภัย	50
ก.2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์รุ่น Fluke CO-220	54
ข.1 ประสิทธิภาพการนำบัคก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไหนที่ไม่เคลือบไททาเนียม ได้ออกไชด์ และไม่เปิดแสง UV – C 100 ppm	56
ข.2 ประสิทธิภาพการนำบัคก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไหนที่ไม่เคลือบไททาเนียม ได้ออกไชด์ และไม่เปิดแสง UV – C 200 ppm	58
ข.3 ประสิทธิภาพการนำบัคก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไหนที่ไม่เคลือบไททาเนียม ได้ออกไชด์ และไม่เปิดแสง UV – C 300 ppm	60
ข.4 ประสิทธิภาพการนำบัคก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไหนที่ไม่เคลือบไททาเนียม ได้ออกไชด์ แต่เปิดแสง UV-C 100 ppm	62
ข.5 ประสิทธิภาพการนำบัคก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไหนที่ไม่เคลือบไททาเนียม ได้ออกไชด์ แต่เปิดแสง UV-C 200 ppm	64
ข.6 ประสิทธิภาพการนำบัคก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไหนที่ไม่เคลือบไททาเนียม ได้ออกไชด์ แต่เปิดแสง UV-C 300 ppm	66
ข.7 ประสิทธิภาพการนำบัคก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 100 ppm โดยใช้แผ่นกรองไหนที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอนเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียม ได้ออกไชด์ 1% โดยนำหันกของสารละลาย	68
ข.8 ประสิทธิภาพการนำบัคก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 100 ppm โดยใช้แผ่นกรองไหนที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอนเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียม ได้ออกไชด์ 2.5% โดยนำหันกของสารละลาย	70
ข.9 ประสิทธิภาพการนำบัคก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 100 ppm โดยใช้แผ่นกรองไหนที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอนเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียม ได้ออกไชด์ 5% โดยนำหันกของสารละลาย	72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.10 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 100 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนท์สกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 7.5% โดยนำหนักของสารละลาย	74
ข.11 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 200 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนท์สกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 1% โดยนำหนักของสารละลาย	76
ข.12 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 200 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนท์สกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 2.5% โดยนำหนักของสารละลาย	78
ข.13 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 200 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนท์สกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 5% โดยนำหนักของสารละลาย	80
ข.14 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 200 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนท์สกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 7.5% โดยนำหนักของสารละลาย	82
ข.15 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 300 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนท์สกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 1% โดยนำหนักของสารละลาย	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.16 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 300 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนน์ที่สกัดด้วยสารละลายน้ำเดือน การ์บอนเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 2.5% โดยนำหนักของสารละลายน้ำเดือน 86	
ข.17 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 300 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนน์ที่สกัดด้วยสารละลายน้ำเดือน การ์บอนเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 5% โดยนำหนักของสารละลายน้ำเดือน 88	
ข.18 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 300 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนน์ที่สกัดด้วยสารละลายน้ำเดือน การ์บอนเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 7.5% โดยนำหนักของสารละลายน้ำเดือน 90	

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นบนสารกึ่งตัวนำเมื่อมีการฉายแสง	10
2.2 ค่าช่องว่างของพลังงาน (Band Gap) ของสารกึ่งตัวนำชนิดต่างๆ	11
2.3 โครงสร้างผลึกของไททาเนียมแบบบรูไท์และอนาเทส	14
2.4 โครงสร้างผลึกของไททาเนียมบอร์โคไคต์	14
2.5 วงจรชีวิตของไนน์	17
2.6 โครงสร้างของสีน้ำเงิน	18
3.1 ปั๊มดูดอากาศ ยี่ห้อ AIRCHECK SAMPLE รุ่น224-PCXR4 SKC.INC. USA	24
3.2 หลอดบูร์ชนิคซ์ (UV-C) ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร	24
3.3 เครื่องซั่งสาร 4 ตำแหน่ง	25
3.4 พัคลมขนาดเล็กที่ใช้ในการวิจัย	25
3.5 ห้องจำลองที่ใช้ในการวิจัย ขนาด 0.09 ลูกบาศก์เมตร	25
3.6 เครื่องวัดก้าวcarบอนมอนอกไซด์	26
3.7 Air filter holder	26
3.8 ขั้นตอนการสังเคราะห์แผ่นกรองไนน์ไฟฟ์บอร์อินด้วย Na_2CO_3 และเคลือบด้วย TiO_2	27
3.9 การทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นกรองไนน์ไฟฟ์บอร์อินที่เคลือบและ ไม่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์	28
3.10 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการนำบัดก้าวcarบอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไนน์	29
3.11 หลอด UV-C บรรจุในกล่องทึบแสง	29
4.1 แผ่นกรองไนน์ที่ผ่านการขึ้นรูปและยังไม่ได้เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์	31
4.2 แผ่นกรองไนน์ที่ผ่านการขึ้นรูปและเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ 1% 2.5% 5% และ 7.5% ตามลำดับ	32
4.3 แผ่นกรองไนน์ที่ไม่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์	32
4.4 แผ่นกรองไนน์เคลือบ TiO_2 1%	33
4.5 แผ่นกรองไนน์เคลือบ TiO_2 2.5%	33
4.6 แผ่นกรองไนน์เคลือบ TiO_2 5%	33

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.7 แผ่นกรองไหมเคลือบ TiO_2 7.5%	34
4.8 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไหมไฟฟ้าร้อนที่ไม่เคลือบไหท่านียม ไดออกไซด์และไม่เปิดแสง UV-C ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 100-200 และ 300 ppm	34
4.9 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไหมไฟฟ้าร้อนที่เคลือบไหท่านียม ไดออกไซด์ในปริมาณแตกต่างกัน ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 100 ppm	36
4.10 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไหมไฟฟ้าร้อนที่เคลือบไหท่านียม ไดออกไซด์ ในปริมาณแตกต่างกัน ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 200 ppm	37
4.11 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไหมไฟฟ้าร้อนที่เคลือบไหท่านียม ไดออกไซด์ ในปริมาณแตกต่างกัน ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 300 ppm	38
4.12 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไหมไฟฟ้าร้อนที่เคลือบไหท่านียม ไดออกไซด์ ในปริมาณ 2.5% wt. $TiO_2/vol.sol.$ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 100-200 และ 300 ppm	40
4.13 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไหมไฟฟ้าร้อนที่ไม่เคลือบไหท่านียม ไดออกไซด์และเปิดแสง UV-C ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 100-200 และ 300 ppm	41
ก.1 ส่วนประกอบของมิเตอร์ตรวจหา ก๊าซ CO – Fluke CO-220	53

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมลภาวะอากาศทั้งภายในและภายนอกอาคารเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายมนุษย์ และเป็นปัญหาที่ทางภาครัฐบาลและเอกชนกำลังมุ่งเน้นที่จะทำการแก้ไข แหล่งกำเนิดมลภาวะอากาศภายในอาคารที่สำคัญ ได้แก่ การประกอบอาหาร การสูบบุหรี่ การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในสำนักงาน รวมไปถึงมลภาวะอากาศที่เกิดจากภายนอกอาคารที่เข้ามาสู่ภายในอาคาร เป็นต้น ส่วนแหล่งกำเนิดมลภาวะอากาศภายในอาคารที่สำคัญ ได้แก่ การคมนาคมขนส่ง ทั้งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ การทำกิจกรรมต่างๆ ภายนอกอาคาร เป็นต้น ผลกระทบจากการได้รับมลภาวะอากาศทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคารสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ผลกระทบแบบเฉียบพลัน (acute effect) และผลกระทบแบบเรื้อรัง (long-term effect) ก้าช คาร์บอนอนโนนออกไซด์ จัดเป็นมลภาวะหลักภายในอาคารที่สำคัญอีกด้วย ซึ่งเป็นก้าชที่เกิดจาก การเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ เมื่อเข้าสู่ร่างกายมนุษย์แล้วก้าชนี้จะสามารถรวมตัวกับเชโน่โกลบิน ในเซลล์เม็ดเลือดแดง ได้ดีกว่าก้าชออกซิเจน เกิดเป็นคาร์บออกไซด์ในโกลบิน ทำให้ปริมาณออกซิเจนในกระแสเลือดที่จะนำไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายไม่เพียงพอ ถ้าหากร่างกายได้รับก้าช คาร์บอนอนโนนออกไซด์ในปริมาณหนึ่งแล้วจะเป็นผลให้เกิดอาการหน้ามืด วิงเวียนศีรษะและอ่อนเพลีย แต่ถ้าร่างกายได้รับก้าชคาร์บอนอนโนนออกไซด์ในปริมาณมากอาจจะทำให้หมดสติหรือเสียชีวิตได้ (Orange Innovation, 2554) ดังนั้นจึงควรมีการป้องกันและลดปัญหามลภาวะอากาศ รวมถึงการควบคุมและบำบัดมลภาวะอากาศ โดยใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีต่างๆ เช่นมาช่วย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จะมีวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรเป็นจำนวนมาก รังไหหมกเป็นวัสดุที่เหลือจากการเอาตัวไหหมกไปขยายพันธุ์ รังไหหมกมีความสวยงามตามธรรมชาติ มีอยู่ 3 ตี คือ ตีเหลือง สีนวล และสีขาว รังไหหมกมีประโยชน์มากมาย เช่น การนำเสนอไหหมกธรรมชาติตามพัฒนาเป็นงานหัตถกรรมต่างๆ งานประดิษฐ์ เป็นเครื่องประดับและของที่ระลึก รังไหหมกยังสามารถใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น ด้านอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง เป็นต้น (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) รังไหหมกมีโปรตีนสำคัญ 2 ชนิด คือ ไฟโนรอิน (Fibroin) และ เชริซิน (Sericin) ที่มีลักษณะเป็นกาบเคลือบอยู่บนเส้นไหหมกและมีส่วนประกอบเป็นกรดอะมิโน ถึง 18 ชนิด และนอกเหนือจากประโยชน์ที่กล่าวแล้วนั้น ในงานวิจัยเกี่ยวกับประโยชน์

ของโปรตีนไหมได้ค้นพบว่า ไฟโนรอินและเซริซินนั้นมีประโยชน์อีกมาก many เช่น ในทางการแพทย์ใช้เป็นเส้นด้ายในการเย็บแผลผ่าตัด ใช้เป็นผ้าพันแผลเพื่อป้องกันการติดเชื้อ ทำผิวนังเทียน คอนแทคเลนส์และโครงสร้างสำหรับช่องแซมกระดูกเป็นต้น นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติในการป้องกันอันตรายจากการส่ออุลตราไวโอลेटและมีคุณสมบัติในการคุ้มครองชั้นรวมทั้งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางต่างๆ เช่น ครีม โลชั่น น้ำมันเคลือบผิว แป้งแต่งหน้า เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผิวนานา ผิวขาวและเส้นผิว หรือเป็นตัวป้องกันแสง UV จากดวงอาทิตย์ป้องกันการเก็บรักษาให้ยาวนานของผิวพรรณ (เดลินิวส์, 2556) นอกจากนี้ เซริซินยังมีคุณสมบัติเหมาะสมในการแยกสาร (ซึ่งมีสมบัติเป็น Semipermeable membrane) ด้วย นอกจากนี้ยังมีวิทยานิพนธ์ในการใช้เส้นใยไหมไฟโนรอินในการสังเคราะห์แผ่นกรองอนุภาคมลสาร เพื่อใช้ในการบำบัดกลไกทางอากาศภายในอาคาร พบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดอนุภาคมลสาร ปานกลางถึงดี (จันทร์จิรา ตรีเพชร, 2009) และปริญญาณิพนธ์ในการพัฒนาการเตรียมแผ่นกรองไหมไฟโนรอินเพื่อบำบัดอนุภาคมลสารในอากาศในระดับห้องจำลอง โดยทดสอบกับฟุนฟูนช์เมนต์ พบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดอนุภาคมลสารปานกลางถึงดี (ประชาติ ศิริพรหม, เจนจิรา มาลี และดวงใจ รินทา, 2553) อย่างไรก็ตามแผ่นกรองไหมไฟโนรอินที่สังเคราะห์ได้ไม่สามารถนำไปบำบัดก้าชพิษได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ในการบำบัดก้าช การรับอนุมอนออกไซด์ในห้องจำลองด้วยกระบวนการไฟโตคละไทดิกอออกซิเดชัน โดยการใช้แผ่นกรองไหมไฟโนรอินโดยใช้โซเดียมคาร์บอนเนต ($0.5 \text{ wt\% Na}_2\text{CO}_3$) เป็นตัวทำละลายในการสกัดไหมไฟโนรอินแล้วนำไปเข้ารูปเป็นแผ่นและเคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) จากนั้นจึงนำไปทดสอบประสิทธิ์ในการบำบัดก้าชการรับอนุมอนออกไซด์จากบุหรี่ที่มีกันกรอง ยึดห้องกรองทิพย์ในห้องจำลองระบบปิด

1.2 วัสดุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดก้าชการรับอนุมอนออกไซด์ด้วยกระบวนการไฟโตไอลซิสโดยใช้แผ่นกรองไหมไฟโนรอิน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 วัสดุธรรมชาติที่นำมาพัฒนาแผ่นกรองไหมไฟโนรอิน ได้แก่ รังไหมพันธุ์ *Bombyx mori* โดยการตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ

1.3.2 สารละลายที่ใช้ในการสังเคราะห์รังไหม ได้แก่ โซเดียมคาร์บอนเนต (Na_2CO_3)

1.3.3 อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการต้มรังไหน ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ล้าง 3-4 ครั้ง จนเชริชินออกหมด

1.3.4 ปริมาณรังไหนที่ใช้ 6 g ต่อน้ำ 300 ml

1.3.5 ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ ได้แก่ Titanium Dioxide Anatase A220 โดยปริมาณ TiO_2 ที่ใช้เคลือบบนแผ่นกรองไหนคือ 1% 2.5% 5% และ 7.5% wt. TiO_2 /vol.sol.

1.3.6 แหล่งกำเนิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เลือกใช้ในการศึกษา คือ บุหรี่แบบมีกันกรอง ขี้ห้อกรองพิพย์ โดยความเข้มข้นเริ่มต้นของ CO ประมาณ 100 200 และ 300 ppm

1.3.7 ห้องจำลองที่ใช้ในการศึกษาทำจากกระจก มีขนาด 45 x 50 x 40 เซนติเมตร

1.4 สมมติฐานในการวิจัย

1.4.1 แผ่นกรองไหนไฟโนรินที่เคลือบไททาเนียมโดยออกไซด์ (TiO_2) สามารถบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศในห้องจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.5.1 สามารถนำรังไหนที่เป็นวัสดุเหลือใช้มาพัฒนาเป็นแผ่นกรองไหนไฟโนรินเพื่อบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศภายในอาคารได้

1.5.2 สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่สู่สาธารณะชนได้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลกระทบทางอากาศภายในอาคาร

2.1.1 ความหมายผลกระทบทางอากาศ

ผลกระทบทางอากาศ (air pollution) หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอกและเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อมนุษย์ สัตว์ พืช ซึ่งสารเจือปนดังกล่าวอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำการของมนุษย์อาจอยู่ในรูปของก๊าซ ของเหลว หรือของแข็งก็ได้ โดยมีสารหลักที่สำคัญคือ ฝุ่นละออง (PM) ตะกั่ว (Pb) ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่มีอิทธิพลภายในอาคารและภายนอกอาคาร (กรมควบคุมมลพิษ, 2550(ก))

2.1.2 ผลกระทบทางอากาศภายในอาคาร (Indoor air pollution)

ผลกระทบทางอากาศภายในอาคาร คือ ภาวะที่มีการสะสมของสารปนเปื้อนที่มีค่าความเข้มข้นในระดับหนึ่งในอากาศเป็นระยะเวลานานพอที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยโดยประเภทของสารปนเปื้อนภายในอาคารสามารถจำแนกได้ 5 กลุ่ม ดังนี้

2.1.2.1 อนุภาคแขวนลอยในอากาศ (Aerosol and Tobacco smoke)

อาคารมีอนุภาคแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมาก และมีห้องห้องหลายชนิดได้แก่ ครัวบุหรี่ ฝุ่นละออง เกสรดอกไม้ เส้นใย แร่ไนทิน อนุภาคแขวนลอยดังกล่าวมีขนาดเล็กมากที่สามารถเข้าไปยังถุงลมในปอดได้ ผลกระทบต่อสุขภาพ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจส่วนบน และมะเร็งในปอด

2.1.2.2 สารระเหยอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds: VOCs)

สารระเหยอินทรีย์ หรือ VOCs ส่วนใหญ่พบในวัสดุก่อสร้าง หรือวัสดุตกแต่งภายในอาคาร เช่น ไม้อัด พรเมี่ยม เพอร์ฟูม ยาสูบ สารเคลือบเงาไม้ น้ำยาทำความสะอาดพื้น การทำอาหาร ที่ใช้ในการยึดกระเบื้อง และสารระเหยจากยาฆ่าแมลง สารประกอบประเภทนี้มักพบในอาคารที่เพิ่งเปิดใช้งานหรือทำการปรับปรุงภายในใหม่ เพอร์ฟูม ยาสูบ อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในสำนักงานใหม่ ซึ่งกลิ่นสารระเหยเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ถ้าหากได้รับสารเหล่านี้เข้าไปในร่างกายจะทำให้เกิดอาการแพ้ตา คัดจมูก ปวดศีรษะ การระคายเคืองที่ผิวนัง ทำลายระบบทางเดินหายใจส่วนบน

2.1.2.3 กําชอนินทรีบ์ (Inorganic Gaseous)

กําชันนี้เกิดขึ้นจากการเผาไหม้กับสารเคมีอื่นๆ กําชเหล่านี้ได้แก่ กําชคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เกิดจากการหายใจของคน และกําชโอโซน ที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องทำความสะอาดอากาศที่ใช้หลักการไฟฟ้าสถิตย์ ผลกระทบต่อสุขภาพ การได้รับกําชเหล่านี้ในปริมาณมากมักก่อให้เกิดอาการอ่อนเพลีย ปวดศีรษะ และทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจได้

2.1.2.4 เรดอน (Radon)

เรดอนเป็นกําชที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เกิดจากการสลายตัวจากธาตุเรเดียม ซึ่งมีอยู่ในดินและหินสามารถเข้ามาในอาคาร ได้โดยการซึมผ่านตามรอยต่อและรอยร้าวต่างๆ ของอาคาร ผลกระทบต่อสุขภาพ การได้รับเรดอนเข้าไปในร่างกายในระยะยาวทำให้เกิดมะเร็งในปอด

2.1.2.5 สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่แขวนลอยในอากาศ (Bioaerosal)

สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่แขวนลอยในอากาศ ได้แก่ เชื้อไวรัส เชื้อแบคทีเรีย เชื้อราก-เกตเชีย โปรดตอซัว ไรฝุ่น มักพบอยู่ในพื้นผิวสัมผัสดูที่มีความชื้นสูง หรือบริเวณที่มีแหล่งน้ำ ขัง เชื้อจุลินทรีเหล่านี้ทำให้เกิดการติดเชื้อ การติดเชื้อภายในอาคารเกิดจากการแพร่เชื้อจากคนสู่คน ภายในอาคารมีการระบายอากาศไม่เพียงพอหรือมีคนอยู่หนาแน่นเกินไป ปัจจัยดังกล่าวยังส่งเสริมให้เกิดการติดเชื้อได้ง่ายขึ้น ผลกระทบต่อสุขภาพ เมื่อคนหายใจเอาเชื้อเข้าไปในร่างกาย หรือสัมผัสกับเชื้อทำให้เกิดอาการแพ้ คันตามร่างกาย คัดจมูก ไอ และมีอาการเจ็บป่วย นอกจานี้กําชพิษของเชื้อโรคที่ปล่อยออกมายังทำลายระบบทางเดินหายใจ ระบบประสาทส่วนกลาง และระบบภูมิคุ้มกัน

2.1.3 แหล่งกำเนิดผลกระทบทางเดินหายใจ

สาเหตุที่สำคัญของการเกิดผลกระทบทางเดินหายใจในอาคาร ได้แก่ แหล่งกำเนิด (sources) และการระบายอากาศที่ไม่เหมาะสม (poor ventilation) (วิภาดา สนองรายญาร์ และวิภาวดี ขาวิจิตร, 2004) โดยแหล่งกำเนิดผลกระทบทางเดินหายใจในอาคาร แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1.3.1 แหล่งกำเนิดภายนอกอาคาร แหล่งกำเนิดภายนอกอาคารเกิดได้จากมลพิษที่อยู่ภายนอกอาคารเป็นเวือนเข้ามากับอากาศที่แลกเปลี่ยนกับอากาศภายนอกอาคาร เช่น ษ่าน ยาฆ่าแมลง การเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ การก่อสร้าง และโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

2.1.3.2 แหล่งกำเนิดภายในอาคาร แหล่งกำเนิดภายในอาคารอาจเกิดจากผู้ที่อาศัยอยู่ ทำการกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร เช่น การสูบบุหรี่ การประกอบอาหารหรือเกิดจากวัสดุ อุปกรณ์ที่อยู่ในอาคาร เช่น วัสดุในการสร้างอาคาร เพอร์ฟิเจอร์ จำนวนกันความร้อนที่มี

องค์ประกอบแร่ไยหิน พรหมปุพน พลิตกัลท์ ทำความสะอาดอาคาร ระบบความเย็น และระบบควบคุมความชื้น

หลักการในการพิจารณาว่าแหล่งกำเนิดใดก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดสามารถพิจารณาได้จาก 2 ปัจจัย คือ ปริมาณของสารมลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยออกมาน และความเป็นอันตรายของสารนั้นๆ นอกจากนี้สภาวะของแหล่งกำเนิด (source condition) ได้แก่ อายุและการดูแลรักษา ยังมีผลต่อปริมาณมลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยออกมา (วิภาดา สนองรายภร และวิภาวดี ชำวิจตร, 2547)

2.1.4 ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์

ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์จากการได้รับผลกระทบทางอากาศภายในอาคาร สามารถจำแนกได้ ดังนี้

2.1.4.1 ผลกระทบแบบเฉียบพลัน (acute) เป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นทันทีที่ได้รับสารดังกล่าว เช่น ปวดศีรษะ ระคายเคืองตาและจมูก โดยปกติอาการเหล่านี้จะหายไปอย่างรวดเร็วหลังจากไม่ได้รับสารเหล่านั้นแล้ว

2.1.4.2 ผลกระทบแบบเรื้อรัง (chronic) ผลกระทบที่มาจากการได้รับมลพิษทางอากาศต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน ซึ่งอาการที่พบมากที่สุด คือ โรคมะเร็ง

2.1.4.3 ผลกระทบที่ก่อให้เกิดความไม่สบาย (discomfort) ผลกระทบที่ก่อให้เกิดความไม่สบายที่พบทั่วไป คือ โรคที่เกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ การระคายเคืองตา จมูกและคอ โดยที่ผลกระทบเหล่านี้เกี่ยวกับสภาวะอากาศภายในอาคาร

2.1.4.4 ผลกระทบต่อสมรรถนะในการทำงาน (performance) ผลกระทบต่อสมรรถนะในการทำงาน สามารถพิจารณาได้จากความมีสมาร์ทและความสามารถในการทำงานที่ลดลง

นอกจากปัจจัยสี่ซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตแล้ว คงปฏิเสธไม่ได้ว่ามนุษย์ต้องการอากาศดีๆ เพื่อใช้ในการหายใจ เช่นกัน แต่ในปัจจุบันอากาศที่หายใจมีสารปนเปื้อนอยู่มากมาย ทั้งฝุ่นละออง เชื้อโรคและก้าซพิษ ซึ่งก้าซพิษเหล่านี้ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงน้ำมัน ที่เกิดจากการปลดปล่อยก้าซพิษจากการยนต์ ขักรยานยนต์ และโรงงานอุตสาหกรรม โดยปกติการสัมดาปของเครื่องยนต์และเครื่องจักรกลที่สมบูรณ์จะได้ก้าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพน้อยมาก แต่มีประลิทิภพของเครื่องยนต์และเครื่องจักรกลลดลง เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ทำให้มีก้าซพิษปลดปล่อยออกมาย่างท่อไอเสีย ก้าซพิษที่กล่าวถึงนี้ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนและไนโตรเจนออกไซด์ เป็นต้น ก่อให้เกิด

มลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นก้าชที่มีพิษร้ายแรงมากเมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกาย

2.2 คาร์บอนมอนอกไซด์

2.2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับก้าชาร์บอนมอนอกไซด์

คาร์บอนมอนอกไซด์ มีสูตรทางเคมี “CO” เป็นก้าชที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส แต่ มีความเป็นพิษอย่างร้ายแรง ไม่เลกูลประกอบไปด้วยคาร์บอนหนึ่งอะตอนและออกซิเจนหนึ่ง อะตอนเชื่อมกันด้วยพันธะ โคลาเดนต์ อาจจัดได้ว่าเป็นสารประกอบแอนไฮไดรค์อย่างหนึ่งของกรด ฟอร์มิก (Orange Innovation, 2554)

ก้าชาร์บอนมอนอกไซด์เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารประกอบ การรับอน โดยเฉพาะเครื่องยนต์สันดาปภายใน คาร์บอนมอนอกไซด์จะเกิดได้มากเมื่อมีออกซิเจน ไม่เพียงพอในการสันดาป การรับอนมอนอกไซด์สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ เพาไหม้ในอากาศจะเกิด เปลวเพลิงสีน้ำเงินและให้การรับอนโดยออกไซด์ออกมา แม้ว่าจะมีความเป็นพิษอย่างร้ายแรงการรับอน มอนอกไซด์ก็มีประโยชน์ในโลกปัจจุบันอย่างมาก เพราะเป็นสารตั้งต้นในการผลิตผลิตภัณฑ์อย่าง อื่นนานานาน (วิกิพีเดีย, 2555)

2.2.2 คุณสมบัติทั่วไปของก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2550(๖))

ความคงตัวทางเคมี	สารนี้มีความเสถียร
สารที่เข้ากันไม่ได้	สารออกซิไดซ์
สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว	การรับอนมอนอกไซด์
อันตรายจากการเกิดปฏิกิริยาอลิเมอร์	ไม่มีเกิดขึ้น
สารดับเพลิง	น้ำ ผงเคมีแห้ง การรับอนโดยออกไซด์
ความหนาแน่น	การรับอนมอนอกไซด์ มีความหนาแน่น ใกล้เคียงอากาศจะไม่แพร่กระจายโดย ก้าชที่ไฟฟ้า เช่น ไฮดรเจน หรือ มีเทน
การทำปฏิกิริยา	การรับอนมอนอกไซด์ ทำปฏิกิริยากับ ออกซิเจนโดยฟลูออไรด์และแบนเรียม ออกไซด์

2.2.3 อันตรายต่อสุขภาพอนามัย

การรับอนุมอนอกไซด์มีความเป็นพิษต่อนมูญย์และสัตว์ คือ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรงจะมีอาการอ่อนเพลีย และผู้ที่เป็นโรคหัวใจจะมีอาการเจ็บหน้าอก ที่ระดับความเข้มข้นสูงจะทำให้มีอาการตาพร่า ปวดศีรษะ วิงเวียน คลื่นไส้ และจะเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิต ที่ระดับความเข้มข้นสูงมากๆ เมื่อร่างกายรับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide) เข้าไป ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรวมตัวกับเชโมโกลบินและเปลี่ยนเป็นออกซีไฮโลโกลบิน (Oxyhemoglobin) ได้ในสภาวะปกติ จึงทำให้ร่างกายเกิดอาการอ่อนเพลีย วิงเวียน ศีรษะ เนื่องจากสมองได้รับออกซิเจนในปริมาณที่น้อยกว่าสภาวะปกติ ในสภาวะที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นจำนวนมาก ในพื้นที่อันอากาศ อากาศถ่ายเทไม่สะดวก อากาศไม่ไหลดเวียน อาจทำให้เสียชีวิตในระยะเวลาอันสั้นได้ ผลกระทบของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในระดับที่แตกต่างกันจะมีความรุนแรงที่ต่างกัน ได้แก่ (Orange Innovation, 2554)

ที่ระดับ 50-200 ppm → จะเริ่มน้ำมารถร่วมตัวกับเชโมโกลบินและเปลี่ยนเป็นออกซีไฮโลโกลบิน

ที่ระดับ 200-400 ppm → จะเริ่มน้ำมารถร่วงตัวกับเชโมโกลบิน วิงเวียนศีรษะอย่างรุนแรง

ที่ระดับประมาณ 1,200 ppm → จะเริ่มเกิดอาการหัวใจเด่นเรื่วขึ้นผิดปกติ

ที่ระดับประมาณ 5000 ppm → อาจทำให้เสียชีวิตภายในไม่กี่นาที

2.2.4 การควบคุมก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

2.2.4.1 การควบคุมโดยการบำบัดลมพิษอากาศก่อนที่จะปล่อยออกสู่บรรยากาศ โดยมี การจัดทำ ระบบบำบัดลมพิษอากาศที่ปล่อยที่ระบบของจากโรงงานอุตสาหกรรม ระบบบำบัดที่ใช้ เช่น Wet Scrubber เป็นต้น

2.2.4.2 การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของรดบนต้นน้ำเป็นอีกสาเหตุที่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซึ่งแนวทางในการควบคุมไอเสียในรดบน คือ การบำบัดไอเสีย (วงศ์พันธ์ ลิมป์เสนีย์ และคณะ, 2543) โดยการลดปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในขั้นแรกสามารถทำได้โดยการปรับปรุงแบบเครื่องยนต์ และการป้อนน้ำมัน แต่ที่กำลังได้รับการพัฒนา ได้แก่ Thermal Reactor และ Catalytic Converter

2.2.4.3 เทคโนโลยีในการกำจัดกลิ่นอากาศภายในอาคาร

เทคโนโลยีโดยทั่วไปที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นอากาศ สามารถแบ่งออกได้คร่าวๆ เป็น 2 ประเภท คือ

- 1) การกำจัดอนุภาค ยกตัวอย่างเช่น High Efficiency Particulate Air (HEPA) filter, ion generator และ electronic air cleaners

2) การกำจัดมลภาวะอากาศที่เป็นก๊าช เช่น กระบวนการดูดซับ (adsorption processes) (เดชา นัตติรศิริเวช , 2552)

2.3 กระบวนการโฟโตคatalysis/ไอลิติกออกซิเดชัน

กระบวนการโฟโตคatalysis/ไอลิติกออกซิเดชัน เป็นการเร่งปฏิกิริยาโดยใช้ตัวกระตุ้นลิสต์ ซึ่งสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ โดยการกระตุ้นด้วยแสง ตัว catalyst นี้จะทำหน้าที่ลดพลังงานกระตุ้นของการเกิดปฏิกิริยา คือ การที่มีการกระตุ้นปฏิกิริยาโดยฉายแสง (Photo) ไปยังตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ทำให้เกิดปฏิกิริยาตรงพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา

2.3.1 องค์ประกอบที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตคatalysis/ไอลิติกออกซิเดชัน มีดังนี้

2.3.1.1 โฟโตคatalysis สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor)

2.3.1.2 พลังงานจากแสงที่มีค่าพลังงานสอดคล้องกับขนาดของช่องว่างพลังงาน

2.3.1.3 น้ำหรือสารละลาย (electrolyte)

2.3.1.4 ขั้วเคาน์เตอร์อิเล็กโตรด (counter electrode)

2.3.2 กระบวนการโฟโตคatalysis/ไอลิติกออกซิเดชัน สามารถแยกตามสถานะของสารที่ทำปฏิกิริยาไว้ร่วมกันได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.3.2.1 Homogeneous Photocatalysis คือ ลักษณะที่สารที่ต้องการบำบัดกับตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ในสถานะเดียวกัน เช่น ของเหลวที่ของเหลว เป็นต้น

2.3.2.2 Heterogeneous Photocatalysis คือ ลักษณะที่สารที่ต้องการบำบัดกับตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ในสถานะที่แตกต่างกัน เช่น ของเหลวที่ของแข็ง เป็นต้น

2.3.3 กระบวนการโฟโตคatalysis/ไอลิติกออกซิเดชัน จะประกอบด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอน คือ (มหาวิทยาลัยลักษณ์, 2552)

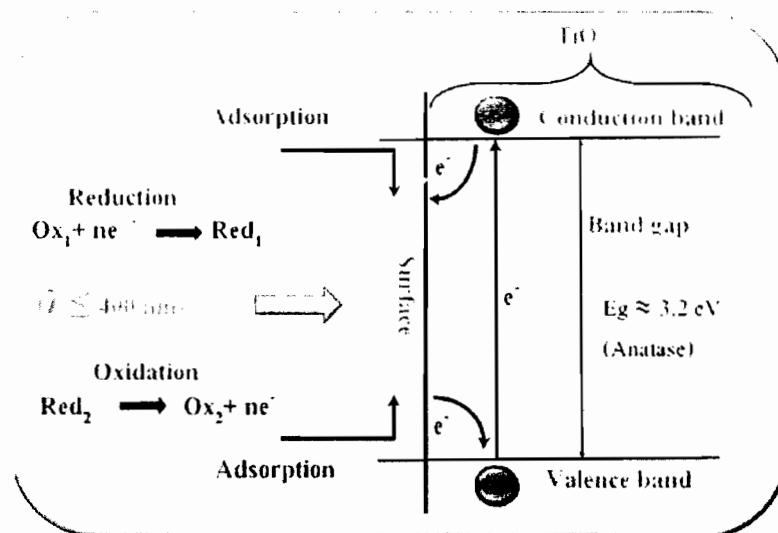
2.3.3.1 กระบวนการดูดซับ (Adsorption Process)

การดูดซับของตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นความสามารถของสารบางชนิดในการดึงโน้มเลกุลหรือคอลลอยด์ที่อยู่ในของเหลวหรือก๊าชให้มาดูดซับบนผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา ปรากฏการณ์นี้จะเป็นการเคลื่อนย้ายสารจากของเหลวหรือก๊าชมาอยู่ผิวของแข็ง โน้มเลกุลหรือคอลลอยด์ เรียกว่า ตัวถูกดูดซับ (adsorbate) ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับ เรียกว่า ตัวดูดซับ (adsorbent) การดูดซับโน้มเลกุลบนผิวของตัวดูดซับอาจเกิดขึ้นด้วยแรงทางกายภาพ แรงทางเคมี หรือทั้งสองอย่าง รวมกัน โดยแรงทางกายภาพ เช่น แรงวนเครื่องวัลส์ แรงทางไฟฟ้าสถิตย์ เป็นต้น และแรงทางเคมีเป็นการสร้างพันธะเคมีขึ้นระหว่างผิวของตัวเร่งปฏิกิริยากับสารถูกดูดซับ โดยสารถูกดูดซับไม่สามารถหลุดออกมากจากตัวเร่งปฏิกิริยาได้

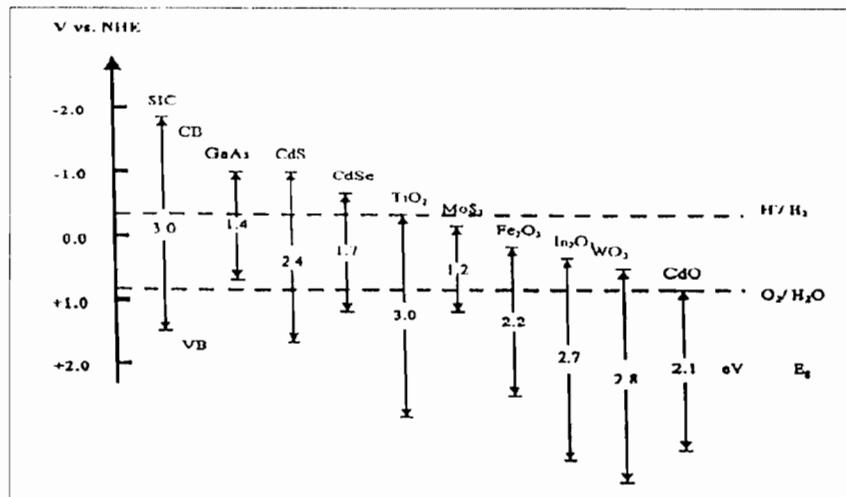
ในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง การดูดซึบจะเกิดจากแรงทางเคมีเป็นหลัก (ศรีัญญา ทองอุ่น, 2555)

2.3.3.2 กระบวนการฉายแสง (irradiation)

การฉายแสงเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานแสงมากระตุ้นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยเป็นการเร่งปฏิกิริยาที่ผิวน้ำของตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้การจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนเปลี่ยนแปลงไปและเริ่มนีการสลายของพันธะภายในโมเลกุลขึ้นดังแสดงภาพที่ 2.1 โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้เป็นสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ซึ่งอนุภาคของสารกึ่งตัวนำนั้นจะมีแถบพลังงานอยู่สองแถบ คือ แถบวาเลนซ์แบนด์ (Valence Band) ที่มีพลังงานอิเล็กตรอนอยู่ โดยแถบทั้งสองจะถูกแยกออกจากกัน โดยแถบช่องว่างของพลังงาน (Band Gap) และค่าของช่องว่างพลังงาน (Energy Gap) จะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลาง โดยตัวกลางแต่ละชนิดจะมีค่าต่างกันออกไปดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.1 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นบนสารกึ่งตัวนำ เมื่อมีการฉายแสง (Herrmann, 2010)

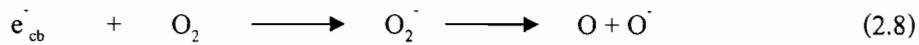
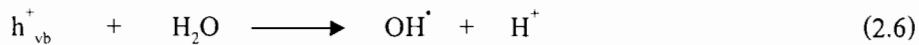


ภาพที่ 2.2 ค่าช่องว่างของพลังงาน (Band Gap) ของสารกึ่งตัวนำชนิดต่างๆ (Litter, 1999)

จากนั้นมีการฉายแสง ($h\nu$) บนตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีพลังงานมากกว่าหรือเท่ากับ แอนช่องว่างพลังงานจะเกิดการกระตุนอิเล็กตรอนบนพื้นผิวของสารกึ่งตัวนำในแบบ瓦伦ซ์แบนด์ ให้มีพลังงานเพิ่มขึ้นสามารถเคลื่อนที่ข้ามແควาช่องว่างพลังงานเข้าสู่แบบการนำไฟฟ้า (e^-_{CB}) จึงทำให้เกิดที่ว่างของอิเล็กตรอน เรียกว่า โฮล (Hole, h^+_{VB}) ในแบบ瓦伦ซ์แบนด์ เกิดเป็นคู่อิเล็กตรอน และที่ว่างของอิเล็กตรอนในอนุภาคตัวเร่งปฏิกิริยา โดยคู่อิเล็กตรอนและที่ว่างของอิเล็กตรอนจะมีบทบาทในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน เพื่อให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างตัวเร่งปฏิกิริยา และมลสารอื่นๆ โดยอิเล็กตรอนจากแบบนำไฟฟ้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของออกซิเจนที่ถูกดูดติด ผิwtัวเร่งปฏิกิริยา (O_2^-) ทำให้โมเลกุลของออกซิเจนเกิดปฏิกิริยาเรียดักชันเปลี่ยนไปเป็นชูปเปอร์ออกไซด์อ่อนเรดิคอล (O_2^\cdot) ส่วนที่ว่างของอิเล็กตรอนที่แบบ瓦伦ซ์แบนด์จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน กับไฮดรอกไซด์อ่อน (OH^-) และน้ำ (H_2O) เกิดเป็นไฮดรอกซิลเรดิคอล (OH^\cdot) และเรดิคอลตัวอื่น ซึ่งไฮดรอกซิลเรดิคอลสามารถเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้โดยตรง แต่ในกรณีที่ไม่มีตัวรับหรือตัวให้อิเล็กตรอนในระบบ อิเล็กตรอนสามารถรวมตัวกับที่ว่างของอิเล็กตรอน ได้ออกเกิดปฏิกิริยาที่ เรียกว่า รีคอมบินेशัน (Recombination) ดังแสดงในสมการที่ 2.1-2.4 (ศรษณญา ทองอุ่น, 2555)



2.3.4 กลไกที่เกิดขึ้นในกระบวนการฟอโตคاتตาลิซิส กลไกโดยทั่วไปของกระบวนการฟอโตคاتตาลิซิส สามารถแสดงได้ดังปัจจิตริยา ต่อไปนี้



เมื่ออนุภาคไทดานียมไดออกไซด์ไดรับพลังงานแสง ($h\nu$) กระตุ้นให้เกิดคู่อิเล็กตรอนและที่ว่างอิเล็กตรอนนี้ ที่ว่างอิเล็กตรอน (h_{vb}^+) ในແບນວະເດນ໌ແບນດັບນອນຸກາຄ ไทดານີຍມໄດອອກໄຊດໍຈະທຳປັງປົງກິລິຍາກັບໄຊໂຮກອກໄຊດໍອີອອນ (HO^\cdot) ກລາຍເປັນໄຊໂຮກອກຊີລເຣັດຄອດ (HO^\cdot) ຜຶ່ງໄຊໂຮກອກຊີລເຣັດຄອດນີ້ຈະເກີດປັງປົງກິລິຍາອອກຊີເຕັ້ນກັບໂມເລກຸລຂອງກໍາຊາວົບອນນອນໄຊດໍ ກລາຍເປັນກໍາຊາວົບອນໄດອອກໄຊດໍແລະໄຊໂໂຮເຈນອີອອນ (Hwang et al., 2003) ແລະອີເລັກຕຽນ (e_{cb}^-) ໃນແບນການນໍາໄຟຟ້າຈະທຳປັງປົງກິລິຍາກັບອອກຊີເຈນໄດ້ອອກຊີເຈນອີອອນ ຜຶ່ງສາມາຄຣວມຕ້ວກັບກໍາຊາວົບອນນອນໄຊດໍໄດ້ເປັນກໍາຊາວົບອນໄດອອກໄຊດໍ ດັ່ງສົມກາຣີທີ 2.5-2.9 (ສະຫຼຸບພາ ທອງອຸ່ນ, 2555)

2.4 ໄທຖານີຍມໄດອອກໄຊດໍ

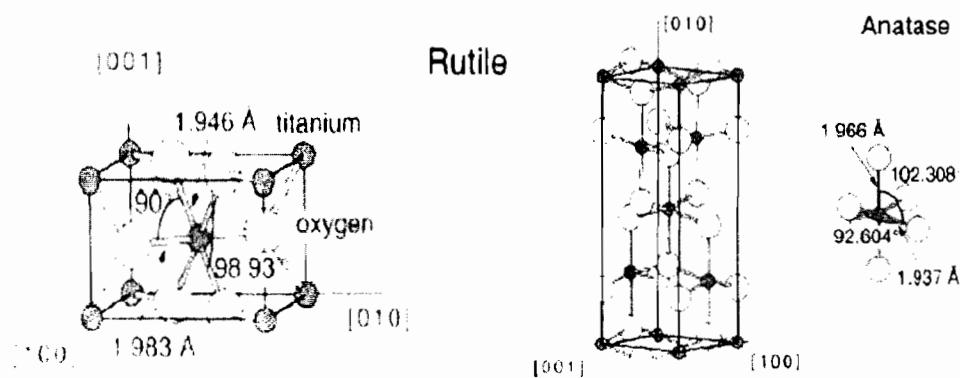
ໄທຖານີຍມໄດອອກໄຊດໍ (TiO_2) ເປັນໂລໂຫະໃນກຸ່ມແທຣນຊີ້ນ້ຳ ຈັດເປັນຮາດູທີ່ມີອູ້ນຳກາ ໃນໂລກ ແຕ່ມັກຈະອູ້ນຳຢູ່ປະກາດປະກອບຂອງແຮ່ແລະຈະຕ້ອງສັກດອກມາເພື່ອໃຫ້ໄດ້ໄທຖານີຍມບຣິສຸທົ່ງ ຜຶ່ງກໍມີວິທີກາຣແຕກຕ່າງກັນ ໄປ ໄທຖານີຍມບຣິສຸທົ່ງມີເລຂອະຕອນ ຄື່ອ 22 ຜຶ່ງມີກາຣັດເຮັງຕ້ວງອີເລັກຕຽນ ຄື່ອ $[\text{Ar}]3d24s2$ ແລະມີນໍ້າຫັນກອະຕອນ ຄື່ອ 47.867 ໃນສ່ວນຂອງຂາດອະຕອນໄທຖານີຍມ ມີຮັກມີອະຕອນ 147 ພິໂຄເມຕຣ (pm) ມີຈຸດຫລອມເໜລວແລະຈຸດເຄື່ອດ ຄື່ອ 1667°C ແລະ 3285°C ຕາມຄໍາຕັບ ໃນຂະໜາດທີ່ຄວາມໜາແນ່ນທີ່ອຸ່ນຫຼຸມທ້ອງຄື່ອ 4.50 g cm^{-3} ແລະມີສັກພັດ້ານທານໄຟຟ້າ (electrical resistivity) ທີ່ອຸ່ນຫຼຸມ 20°C ຄື່ອ $42.0 \mu\Omega \text{-cm}$ ດັກຂະໜາດພິເສຍຂອງໄທຖານີຍມ ຄື່ອ ຈະທຳປັງປົງກິລິຍາໄດ້ ກັບພວກສາຮ່າທີ່ໄມ້ໃໝ່ໂລໂຫະ (non-metal) ໂດຍເພາະອໜ້າງຍິ່ງ ອອກຊີເຈນ ໄຊໂໂຮເຈນ ແລະໄຊໂໂຮເຈນ ທີ່ອຸ່ນຫຼຸມສູງ ຜຶ່ງສະຖານະອອກຊີເຕັ້ນ (oxidation state) ຖາງເຄີມທີ່ມັກຈະເກີດຂຶ້ນນາກທີ່ສຸດ ຄື່ອ 4+ ຜຶ່ງສາຮ່າປະກອບທີ່ຈະມີໂຄກສເກີດຂຶ້ນນາກກໍ ຄື່ອ ໂມເລກຸລຈຳພວກໄດ້ອອກໄຊດໍແລະເຕັດຮະຄລອໄຣດໍເພຣະນີ

สถานะออกซิเดชันเป็น 4- ดังนั้น โครงสร้างที่จะเกิดขึ้นจะอยู่ในรูป TiO_2 และ $TiCl_4$ เป็นส่วนใหญ่ ไทยานียมไดออกไซด์มีเฟส (phase) ที่สำคัญ 3 เฟส คือ บรู๊กไครท์ (brookite) อะนาเทส (anatase) และรูไทร์ (rutile) แต่โอกาสที่จะเกิดเฟสน้ำร็อกไครท์นั้นมีน้อยมาก ซึ่งส่วนมากแล้วจะพบเฉพาะ ในลักษณะสองเฟสหลัง โดยแต่ละเฟสจะถูกนำไปใช้งานในด้านที่แตกต่างกัน เนื่องจากแต่ละเฟส จะมีการจัดเรียงตัวของออกตะหីตรา (TiO_6^{2-}) แตกต่างกัน จึงมีผลให้แต่ละเฟสมีสมบัติทางประการ ที่แตกต่างกัน และโดยทั่วไปแล้วไทยานียมไดออกไซด์บรู๊สท์นั้นจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ในธรรมชาติเดียว ได้มาจากการสกัดแร่ ilmenite และ leucoxene (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2556)

2.4.1 คุณสมบัติทางกายภาพโดยทั่วไปของไทยานียมไดออกไซด์

ชื่อ	Titanium dioxide
สูตรโมเลกุล	TiO_2
น้ำหนักโมเลกุล	79.9
ลักษณะและสี	ของแข็งสีขาว
จุดเดือด	2500 องศาเซลเซียส
จุดหลอมเหลว	1830 องศาเซลเซียส
ดัชนีหักเห (refractive index)	
(1) อะนาเทส	2.49
(2) รูไทร์	1.903
ความหนาแน่น (gcm ⁻³)	
(1) อะนาเทส	3.84
(2) รูไทร์	4.26

ไทยานียมไดออกไซด์ที่อยู่ในเฟสอะนาเทสและรูไทร์จะมีโครงสร้างผลึกเป็น แบบเตตระโกลนอล (tetragonal) ซึ่งประกอบไปด้วยแต่ละหน่วยของออกตะหីตรา (TiO_6^{2-}) มา เชื่อมต่อกันในแต่ละออกตะหីราหนึ่งจะประกอบด้วย Ti^{4+} อยู่ตรงกลางและถูกด้อมรอบด้วย O^{2-} แต่การเชื่อมต่อกันของออกตะหីราในทั้งสองเฟสนั้นจะแตกต่างกันออกไป ในกรณีของเฟสรูไทร์ นั้นจะเกี่ยวข้องกับการใช้ขอบและมุมของออกตะหីราในการเชื่อมต่อ โดยด้านที่อยู่ตรงข้ามกันของ ออกตะหីราจะถูกเชื่อมต่อกันทำให้เกิดเป็นเส้นตรง (linear chain) และแต่ละเส้นนั้นจะถูกเชื่อมต่อ กันโดยใช้ออกซิเจนที่อยู่ตรงมุมร่วมกัน ส่วนในกรณีของเฟสอะนาเทสนั้น การเชื่อมต่อกันของ ออกตะหីราจะเกี่ยวข้องกับการใช้ขอบร่วมกันเท่านั้น การเชื่อมต่อกันของแต่ละออกตะหីราของ เฟสรูไทร์และอะนาเทส ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างผลึกของไททาเนียมแบบบูร์ไทล์ และอนาเทส (Linsebigier and et al, 1995)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างผลึกของไททาเนียม: บрукไคต์ (University of Colorado, 2555)

2.4.1 ประโยชน์ของไททาเนียมไดออกไซด์

2.4.1.1 ความสามารถในการต้านแบคทีเรีย

ไททาเนียมไดออกไซด์ ไม่เพียงแต่ฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ท่านนั้น แต่ยังช่วยในการย่อยสลายซาก จึงไม่เกิดสารพิษจากซากของมันด้วย มีประสิทธิภาพสูงกว่าสารต้านแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ที่จะทำงานเมื่อมีเซลล์แบคทีเรียสัมผัสกับพื้นผิว และที่สำคัญ ไททาเนียมไดออกไซด์ จะไม่เกิดการเสื่อมประสิทธิภาพ หลังจากที่ทำลายเชื้อแบคทีเรีย ทำให้คงประสิทธิภาพการใช้งานที่ยาวนาน ไททาเนียมไดออกไซด์มีประสิทธิภาพด้านยับยั้งหรือต่อต้านการติดเชื้อมากกว่าคลอริน 3 เท่าและมากกว่าไอโซน 1.5 เท่า (Nanayo, 2556)



2.4.1.2 ความสามารถด้านการกำจัดกลิ่น

ไฮดรอกซิลเรติคอลที่เกิดจากไทดานาเนียมไ/doออกไซด์ สามารถกำจัดโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่ระเหยอยู่ในอากาศ (Volatile Organic Compounds หรือ VOCs) อันเป็นสาเหตุของกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ โดยการทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลของสารเหล่านี้ ด้วยวิธีการนี้จะทำให้สารอินทรีย์ที่ระเหยอยู่ในอากาศแตกออกเป็นโมเลกุลเดียวจึงไม่สามารถทำอันตราย หรือส่งผลต่อร่างกายมนุษย์ได้ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการฟอกอากาศให้สะอาด โดยการกำจัดโมเลกุลของสารที่ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ตัวอย่าง เช่น กลิ่นบุหรี่ กลิ่นยาสูบ สารประเทฟอร์มัลดีไซด์ ในโทรศัพท์มือถือ บูริน กลิ่นอุจจาระ น้ำมันเชื้อเพลิง และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอีกหลายชนิดในอากาศ ไทดานาเนียมไ/doออกไซด์ (Titanium Dioxide : TiO₂) สามารถทำให้อากาศสะอาดจาก ควัน เกสรคอกไม้ แบบทีเรีย และไวรัส รวมถึงก้าชอันตราย ด้วยคุณสมบัติของการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (ปัญพ ตวิยาประภิต, 2555)

2.4.1.3 ความสามารถในการฟอกอากาศ

ไทดานาเนียมไ/doออกไซด์ที่ถูกเร่งด้วยปฏิกิริยาแสง สามารถกำจัดสารที่ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศได้ เช่น สารประกอบไฮโดรคาร์บอนในโทรศัพท์มือถือ ไฮดรอกซิลเรติคอล และซัลเฟอร์ไฮด์ คุณบุหรี่ สารระเหยต่างๆ ที่ออกมาจากอาคาร รวมถึงช่วยกำจัดสารประเทฟอร์มัลดีไซด์ คุณอุจจาระ สารเคมีต่างๆ ที่ออกจากการเผาไหม้ ไฟฟ้า ห้องน้ำ ห้องครัว และห้องนอน เช่น ก้าชคลอรีฟลูออโรคาร์บอน (CFC) และก้าชเรือนกระจากประเทฟอร์มัลดีไซด์ ทั้งทางตรงและทางอ้อม เมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยแสง แม้ในบริเวณที่มีมลภาวะสูง ไทดานาเนียมไ/doออกไซด์จะช่วยลดสารก่อมลภาวะเหล่านี้ได้ (Nanayo, 2556)

2.4.1.4 สามารถป้องกันการเกิดหยดน้ำ และคราบต่างๆ รวมทั้งทำให้เกิดสมบัติการทำความสะอาดตัวเอง

ด้วยคุณสมบัติของไทดานาเนียมไ/doออกไซด์ ในการทำความสะอาดตัวเอง เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสง เมื่อผ่านรังสีความร้อนของอากาศที่มักต้องเจอกับคราบเข้มข้นจากการเผาไหม้ของเกรียงยนต์ที่มีส่วนประกอบเป็นน้ำมัน ได้รับการปักปูนด้วยไทดานาเนียมไ/doออกไซด์ ไทดานาเนียมไ/doออกไซด์จะทำลายสารประกอบไฮโดรคาร์บอน รวมทั้งฝุ่นผงต่างๆ ที่เกาะติดอยู่กับผนังเงา ฉะล้างออกจากผนังอย่างง่ายดาย ได้เมื่อฝนตกลงมา ทำให้ผนังตึกดูสะอาดและใหม่อよอุ่น (Nanayo, 2556)

2.4.1.5 ความสามารถในการทำน้ำสะอาด

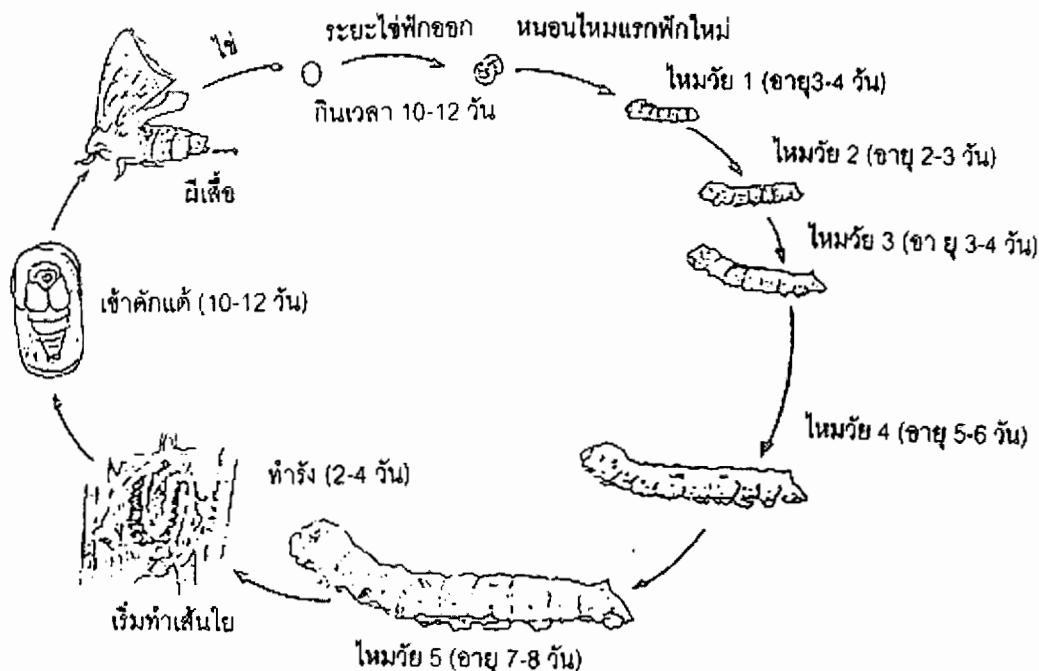
สามารถกำจัดสารอินทรีย์ที่ก่อมลภาวะให้กลายเป็นสารที่ไม่เป็นอันตราย ได้ เช่น ทำให้กลายเป็นก้าชคาร์บอนไ/doออกไซด์ และน้ำ โดยไทดานาเนียมไ/doออกไซด์จะนำไฮด์รอกซิลเรติคอลที่สองของการบำบัดน้ำเสีย โครงการต้นแบบในการบำบัดน้ำเสียแสดงให้เห็นว่า

กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงนั้นมีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าแบคทีเรีย *Escherichia coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียในอุจจาระที่ป่นเปี้ยนในน้ำได้เป็นอย่างดี (Nanayo, 2556)

2.5 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไหม

2.5.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไหม

ไหมเป็นสัตว์พิวงแมลงในตระกูลผีเสื้อ เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีคุณค่าและมีประโยชน์สูงสุดชนิดหนึ่ง เชื่อกันว่าชาวจีนในสมัยโบราณเป็นผู้ค้นพบเส้นใยไหมด้วยเหตุบังเอญ จึงได้มีการเพาะเลี้ยงตัวหนอนไหม ทำการผลิตเส้นด้ายไหมและห่อผ้าไหมในประเทศจีโนบ้าง ต่อเนื่องกันเป็นเวลานานหลายพันปี ด้วยคุณสมบัติที่เป็นลักษณะเฉพาะของเส้นด้ายไหมทำให้ได้รับการยกย่องให้เป็น “ราชินีของเส้นใย” ทั่งปวง (มชชาฯ ไหมไทย, 2555) ไหมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bombyx mori* อัญไนวงศ์ Bombycidae_ ตัวอ่อนเรียกว่า ตัวไหม หรือ หนอนไหม ไหมเป็นแมลงที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบสมบูรณ์ (Completely metamorphosis insect) มีอายุประมาณ 42-55 วัน สามารถแยกได้ 4 ระยะ คือ ระยะไข่ไหม ระยะหนอนไหม ระยะคักแด๊ะและระยะตัวเต็มวัย ซึ่งวงจรชีวิตของไหมเริ่มต้นตั้งแต่ระยะไข่ไหมจะมี 2 ชนิด ได้แก่ ไข่ไหมที่ฟักตัวและไข่ไหมที่ไม่ฟักตัว โดยไข่ไหมที่ฟักตัวสามารถครองกระตุนให้ฟักตัวออกเป็นตัวภายใน 11-12 วัน ส่วนไข่ไหมชนิดไม่ฟักตัวจะฟักออกภายใน 10 - 11 วัน หนอนไหมแรกเกิดมีสีดำยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร หนักประมาณ 0.45 มิลกรัม ในระหว่างการเจริญเติบโตไหมจะมีการลอกคราบ 4 ครั้ง หนอนไหมโตเต็มที่จะมีน้ำหนักประมาณ 10,000 เท่าของน้ำหนักแรกเกิด เมื่อหนอนไหมโตเต็มที่จะพร้อมทำรัง เรียกว่า ไหมสุก ลำตัวจะมีสีใส ถ่ายหัวไปมาเพื่อพ่นเส้นใยทำรังโดยใช้เวลา 2 - 3 วันในการพ่นเส้นใยและลอกคราบเป็นคักแด๊ะ ระยะคักแด๊ะนี้ใช้เวลาประมาณ 10 - 13 วัน จะลอกคราบเป็นตัวเต็มวัยก็จะกล้ายเป็นผีเสื้อเจ้าทะลุรังออกมานั่นผีเสื้อก็จะผสมพันธุ์แล้วตัวเต็มวัยก็จะเริ่มวางไข่ทันที หลังจากวางไข่เสร็จแล้ว 2-3 วัน ผีเสื้อก็จะตายชีวิตของไหม แสดงดังภาพที่ 2.5 (Thaigoodview, 2554)



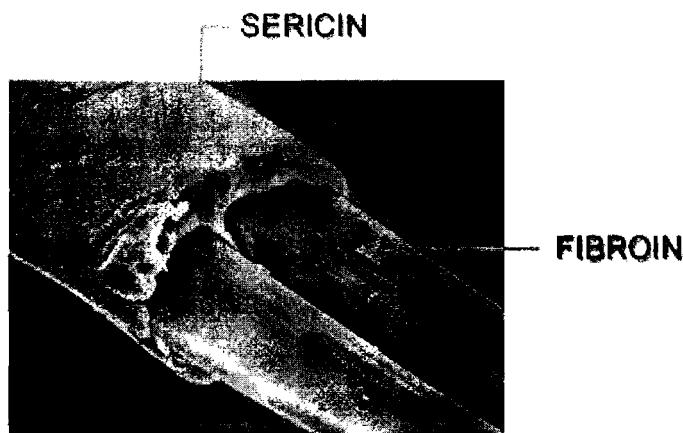
ภาพที่ 2.5 วงจรชีวิตของไหม (OK Nation.net, 2550)

2.5.2 สมบัติทั่วไปของเส้นไหม

เส้นไหมเป็นเส้นใยโปรตีนที่ได้จากการหมักดิบและเป็นเส้นใยธรรมชาติชนิดเดียวที่เป็นเส้นใยยาวต่อเนื่อง โดยมีความยาวตั้งแต่ 150 - 2,000 หลา ต่างจากเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นส่วนลักษณะสีสันของไหมจะแตกต่างกันไปตามชนิด เช่นพันธุ์ไหม สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ สิ่งแวดล้อม ช่วงฤดูกาล คุณภาพอาหาร และการเจริญพันธุ์ของตัวหนอนไหม ในรังไหมแต่ละรัง มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เส้นไหมดิบที่เรียกว่า เส้นไหมไฟฟอโรอิน (Fibroin) ร้อยละ 75% โดยน้ำหนัก ซึ่งเก้าติดกันและเคลือบด้วยการไหมที่เรียกว่า เชอริซิน (Sericin) ร้อยละ 25% โดยน้ำหนัก ปริมาณของกาวยไหมขึ้นอยู่กับพันธุ์ไหม จึงทำให้เส้นไหมมีคุณสมบัติมากมาย ได้แก่ มีความเหนียว ความยืดหยุ่นดี ซึ่งยืดตัวได้ถึง 20% และหดตัวคืนสู่สภาพเดิมได้ดี มีความเป็นมันวาว ตามธรรมชาติ อีกทั้งยังทนต่อความร้อนสูงได้ถึง 170 องศาเซลเซียส ทนต่อกรดทุกชนิด สามารถดูดซึมความชื้นได้สูงถึง 21% และมีความแข็งแรง จึงสามารถนำเส้นใยไหมไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย (มัชชาคำไหมไทย, 2555)

2.5.3 ส่วนประกอบที่สำคัญของไหม

เส้นใยไหมหนึ่งรัง (รังเดียว) ประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเส้นใยไหม เรียกว่า ไฟฟอโรอิน และส่วนที่เป็นกาวยไหมเรียกว่า เชอริซิน ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของเส้นไหม (OK Nation.net, 2550)

2.5.3.1 ไฟฟอรอิน (Fibroin) มีลักษณะเป็นเส้นใย 2 เส้นเล็กๆ กะเอียดอ่อนมาก พันกันเรียงตัวขนาดกัน โดยผิวของเส้นใยแบบชิดกันไปตลอดความยาว ลักษณะภาคตัดขวางของเส้นใยไหมแต่ละเส้นคล้ายกับรูปสามเหลี่ยมมนูน มีฐานชนกัน มีองค์ประกอบหลักทางเคมีเป็นโปรตีน ประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดเดียวกับเซริซิน คือ glycine alanine serine และ tyrosine ประมาณ 43.99% 26.54% และ 11.41% ตามลำดับ ในไตรเจน (N) 17 - 19% และมีปริมาณของซัลเฟอร์ 0.7 - 5% เมื่อจาก Fibroin มีโครงสร้างที่เป็นผลึกมาก มีการเรียงตัวที่เป็นระเบียบ และถาวร ไม่แตกง่ายของพอลิเพปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีลักษณะเหมือนกันด้วยพันธุ์ไทรเจนที่แข็งแรงกว่า หุ้นส่วนของเซริซินและหน่วยอะมิโน จึงทำให้ไฟฟอรอินไม่คลายน้ำ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548)

2.5.3.2 เซริซิน (Sericin) กาวไหม หรือเรียกว่า “เซริซิน” จะเคลือบผิวเส้นใยไหมแต่ละเส้นเอาไว้ให้รวมเป็นเส้นเดียว กาวไหมมีองค์ประกอบหลักทางเคมีเป็นโปรตีนที่มีกรดอะมิโนชนิด Serine ในปริมาณสูงมากอยู่ในช่วงระหว่าง 16 - 38% โดยจะแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของเซริซินที่ปล่อยออกมานอกหนอนไหมแต่ละพันธุ์ เมื่อจากถาวร ไม่แตกง่ายของพอลิเพปไทด์ มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกันกว่าไฟฟอรอิน จึงทำให้เซริซินถาวรได้ในน้ำร้อน นอกจากนี้ยังสามารถถลายน้ำได้ เมื่อต้มด้วยสารถลายน้ำ เช่น สารซักฟอกสังเคราะห์หรือกรดอินทรีย์ เป็นต้น (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548)

2.5.4 การลอกกาวไหม

การลอกกาวไหมมีหลายวิธีแตกต่างกัน นอกจากขึ้นอยู่กับพันธุ์ไหม รูปแบบของไหมก่อนลอกก็มีผลต่อการลอกกาวไหม เช่น ไหมเป็นเย็บหรือเป็นผ้าฝืน ก็สามารถถลอกกาวได้

วิธีลอกการไหมจะใช้ได้ทั้งวิธีทางกายภาพหรือทางเคมี ซึ่งจะใช้วิธีได้ก็ได้ตามจำเป็นต้องทำด้วยความระมัดระวังอย่างมาก เพื่อไม่ให้เส้นไหมเสียหาย วิธีที่นิยมใช้ได้แก่

2.5.4.1 การลอกการไหมด้วยน้ำภายใต้ความดันสูง (High pressure water degumming) การลอกการไหมพื้นฐานๆ สามารถใช้น้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และทำซ้ำแบบเดียวกันนี้ 3-4 ครั้ง การต้มไหมในน้ำเป็นเวลานานๆ จะค่อยๆ ทำให้เส้นไหมเกิดการเสื่อมสภาพ ในกรณีนี้หากใช้อุปกรณ์ความดันสูงจะทำให้เส้นไหมเสื่อมสภาพหรือถูกทำลายน้อยที่สุด

2.5.4.2 การลอกการไหมด้วยด่าง (Alkaline degumming) ในการลอกการไหมด้วยสารละลายน้ำต้องคำนึงถึง pH และอุณหภูมิ โดยหากลอกการไหมด้วยสารละลายน้ำที่ pH มากกว่า 9 กาวไหมจะถูกกำจัดออกได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ภายในเวลา 30 นาทีเท่านั้น อุณหภูมิที่ใช้ไม่ควรเกิน 90 องศาเซลเซียส เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เส้นไหมเปื่อย และค่า pH ของด่างลอกการก็จะมีผลต่อระดับการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ของเส้นใยไฟเบอร์อินด้วย

2.5.4.3 การลอกการไหมด้วยกรด (Acid degumming) ในการลอกการไหมด้วยสารละลายน้ำที่ pH น้อยกว่า 2.5 หรือระหว่าง 1.5-2 กาวไหมจะถูกกำจัดออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ กรดแก่ (mineral acids) ได้แก่ กรดซัลฟิวริก และกรดไฮโดรคลอริกจะมีประสิทธิภาพในการลอกการไหมมากกว่ากรดอินทรีย์ (organic acids) pH ของอ่างลอกการจะมีผลต่อระดับการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ของเส้นใยไฟเบอร์อินด้วย

2.5.4.4 การลอกการไหมด้วยสนู๊ (Soap degumming) สนู๊ได้ถูกนำมาใช้ลอกการไหมกว่า 200 ปีแล้ว และปัจจุบันก็ยังพบว่ามีหลายโรงงานหรือหลายหมู่บ้านที่ยังคงใช้สนู๊สำหรับลอกการไหม สนู๊ที่ใช้ลอกการไหมมักจะนีกถึง “สนู๊ชันไดต์” ที่ปัจจุบันจะทำเป็นเกล็ดหรือผงเพื่อให้ง่ายต่อการผลิต การลอกการไหมด้วยสนู๊ต้องทำด้วยความระมัดระวัง โดยต้มสารละลายน้ำ และควบคุม pH ให้เป็นด่างน้อยๆ เท่านั้น เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เส้นไหม (fibroin) ถูกทำลาย วิธีนี้จะต้มสารละลายน้ำที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5-2 ชั่วโมง น้ำที่ใช้ก็ควรเป็นน้ำอ่อนหรืออาจมีการเติมสาร sequestering เพื่อลดความกระต้างของน้ำทั้งนี้เพื่อไม่ให้สนู๊ตกค้างและเป็นติดเส้นไหม

2.5.4.5 การต้มด้วยสารซักฟอกสังเคราะห์ (Synthetic detergent degumming)สารซักฟอกสังเคราะห์ได้ถูกนำมาใช้ในการลอกการไหมแทนสนู๊มากขึ้น เนื่องจากสนู๊มีข้อด้อยหลายประการ เช่น มีราคาแพง ต้องใช้เวลาลอกการไหมนานถึง 1-2 ชั่วโมง และอีกเหตุผลหนึ่งก็คือ หากลอกการไหมด้วยสนู๊โดยใช้เครื่องจักรแบบต่อเนื่อง (continuous machine) สนู๊จะไม่สามารถชดเชยหรือลดความเป็นกรดของผลิตผลที่เกิดจากการไฮโดรไลซ์การไหม (sericin hydrolysis)

products) ที่สามารถอยู่ในอ่างลอกไวน์ได้ เมื่อสารซักฟอกสังเคราะห์ ทำให้ประสิทธิภาพการลอกไวน์ไม่ดี

2.5.4.6 การลอกไวน์ด้วยเอนไซม์ (Enzymatic degumming) เทคโนโลยีชีวภาพที่ก้าวหน้าอย่างรวดเร็วทำให้สามารถผลิตเอนไซม์ที่หลากหลายประเภทและมีคุณสมบัติที่ปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งาน ประกอบกับเอนไซม์เป็นตัวร่องปฏิกิริยาที่มีความจำเพาะต่อเส้นใยหรือ Substrate ทำให้ไม่เป็นอันตรายต่อเส้นใย ภาวะที่ใช้กิ่วไม่รุนแรงสามารถนำมาราบบ์แทนสารเคมี ปริมาณที่ใช้ไม่นัก สามารถประยุกต์น้ำและพลังงานที่สำคัญสามารถตอบสนองต่อความต้องการกระบวนการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จึงทำให้เอนไซม์เป็นทางเลือกหนึ่งที่นักใช้ในกระบวนการสิ่งทอ (SACICT, 2555)

2.5. ประโยชน์ของไวน์

ไวน์เป็นแมลงที่มีประโยชน์ในเชิงการค้าและอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์จากไวน์หลายชนิดสำหรับประเทศไทย สามารถทำรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนมาก ไวน์สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ได้หลายประการ ในอดีตการปลูกหม่อนเดี่ยงไวน์ยังมีเนื้อน้อยที่อุตสาหกรรมสิ่งทอ ไม่ว่าจะเป็นระดับครัวเรือนหรือระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ แม้ว่าจะมีการศึกษาและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของต้นหม่อนหรือหนองไวน์ รังไวน์ ตักแด๊กไวน์ เส้นไวน์อยู่บ้าง แต่ก็อยู่ในวงจำกัดและอยู่ในระยะเริ่มต้น ซึ่งในการดำเนินงานศึกษา ค้นคว้า วิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากหม่อนและไวน์นั้น จำเป็นต้องใช้นักวิทยาศาสตร์หลายสาขาวิชาร่วมทำงานไปพร้อมๆ กัน เพื่อทราบข้อมูลและพัฒนาไปได้อย่างรวดเร็วเช่นเดียวกับต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น ที่มุ่งเน้นการวิจัยและพัฒนาหม่อนและไวน์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ให้มากขึ้น เช่น ด้านการแพทย์ ด้านเสริมความงาม ฯลฯ เพื่อเพิ่มคุณค่าของหม่อนและไวน์ให้สูงขึ้น มากกว่าการนำไวน์เป็นผ้าไวน์เพียงอย่างเดียว ในปัจจุบันนี้งานวิจัยดังกล่าวก็ได้มีการศึกษาวิจัย ค้นคว้า จนประสบผลสำเร็จ ซึ่งนอกจากการใช้เส้นไวน์ไปทำเป็นแพร์กัมท์ต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ได้มากหลายอย่าง ดังนี้ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548)

2.5.5.1 สิ่งทอ เส้นไวน์จากไวน์เป็นเส้นใยที่มีคุณสมบัติเหนือกว่าทุนทาง มีความสามารถในการรับน้ำจากอากาศ ดูดซับความร้อนได้ดี แต่เส้นไวน์จากไวน์มีราคาแพง จึงได้มีการนำเส้นไยสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นดี ราคาถูก มาทดแทนเส้นไยไวน์ที่มีราคาแพง การพัฒนาคุณภาพของเส้นไยไวน์และเส้นไยสังเคราะห์เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้เส้นไยที่มีคุณภาพดีขึ้น

2.5.5.2 เครื่องสำอาง เส้นไหมมีโปรดีน คือ ไฟไบโรอิน ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันอันตรายจาก รังสีอุลตราไวโอเลต จึงนิยมเอาเส้นไหมมาทำเครื่องสำอางหลายชนิด เช่น ครีมรองพื้น

2.5.5.3 การแพทย์ ทางการแพทย์ใช้เส้นไหมเป็นเส้นด้ายในการเย็บแผลผ่าตัด เพราะเหนียวทนทาน และสามารถเข้ากับเนื้อยื่อมนูญได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประโยชน์ในการทำผิวนังเทียม

2.5.5.4 สารป้องกันกำจัดแมลง ในสหรัฐอเมริกาได้สกัดสารจากเชื้อรา *Bacillus Thuringiensis* ที่แยกได้จากหนองไหมนา มาใช้เป็นสารกำจัดแมลง (microbial insecticide) เชื้อราก็ไม่เป็นอันตรายต่อหนองไหมนา พนว่าสามารถทำลายด้วงหนวดยาว นอกจากนี้ยังมีการใช้ออร์โอมนบางชนิดจากหนองไหมนา ควบคุมการเจริญเติบโตของแมลงและยังสามารถใช้หนองไหม เป็นอาหาร ได้เดือนฟอยในการขยายพันธุ์เพื่อใช้กำจัดแมลงศัตรุพืชบางชนิด

2.5.5.4 สารป้องกันโรคพืช การใช้มูลไหมในการป้องกันโรคโコンเน่าปอแก้ว (*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*) เพื่อลดความรุนแรงของโรคและทำให้ต้นพืชเจริญเป็นปกติ การศึกษาผลของมูลไหมต่อความรุนแรงของการเกิดโรค พนว่า มูลไหมมีจุลินทรีย์ 4 ชนิด ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* การใช้จุลินทรีย์ และมูลไหมช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรคโコンเน่าในปอแก้วได้ (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)

2.6 อื่นๆ

2.6.1 ผงซักฟอก ไฟไบโรอิน ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตผงซักฟอกที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากมีความสามารถในการเคลื่อนย้ายสิ่งสกปรกได้ดี

2.6.2 ดอกไม้รังไหมที่ผ่าเอาดักเดือดออกแล้วสามารถนำมาประดิษฐ์ดอกไม้ได้หลายชนิด เช่น ดอกทิวลิป ดอกบัว เพื่อฟ้า หรือสามารถประดิษฐ์เป็นรูปสัตว์ต่างๆ เช่น หนู นก ใช้ประดับในอาคารในร日益ต์นอกจากจะสวยงามและยังสะดูคตามากผู้พบเห็นด้วย

2.6.3 อาหารมนูญ ดักแด้ของไหมสามารถที่จะนำมาผลิตเป็นอาหารได้หลายชนิด เช่น นำไปปั่นคลุกกับไข่ ผัดกระเพรา บริษัทอุตสาหกรรมของไทยส่งออกผลิตภัณฑ์ดักแด้กระป่อง ไปยังต่างประเทศ เนื่องจากมีความต้องการสูง เพราะดักแด้ไหมมีโปรดีน และเกลือแร่หลายชนิด มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าสัตว์อื่นดักแด้แห้งมีโปรดีนสูงถึง 49%

2.6.4 อาหารสัตว์ ดักแด้ไหมสดหรือไหมแห้งสามารถนำมาเป็นอาหารเลี้ยงปลาได้ โดยเป็นแหล่งโปรดีนใหม่ๆ ทคแทนการใช้ปลาป่นซึ่งหายากและมีราคาแพงขึ้นเรื่อยๆ ดักแด้ไหม

ก็เป็นอีกทางหนึ่งในการนำไปใช้ทดแทนปลาป่น ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลมากนัก และคาดว่าจะมีการใช้ดักเดี้ยวใหม่ไปเลี้ยงสัตว์ในเร็วๆ นี้

2.6.5 ทดแทนเครื่องนอน ปูป่าใหม่ชั้นนอกไม่สามารถจะนำไปสาวเป็นเส้นได้ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการนำเอาปูป่าใหม่ที่เหลือนี้มาใช้ในการทำเครื่องนอนแทนการขัดนุ่นและการใช้ไขโพลีเอสเตอร์ที่มีราคางเพง (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2555)

เนื่องจากมีการศึกษาและพัฒนาเส้นใหม่ดินให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยการตีเกลียวเส้นใหม่ในทิศทางกลับกันและถี่ขึ้น จึงทำให้ขนาดของเส้นใหม่ใหญ่ขึ้น เส้นใหม่นี้จะมีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ดี กำจัดข้อเสียต่างๆ ออกได้ด้วยความเป็นเส้นใยที่ได้จากสัตว์ โดยใหม่มีคุณสมบัติดีเยี่ยมในการดูดซับน้ำและระบายความชื้นรวมทั้งยังสามารถดูดซับความร้อน และระบายอากาศได้เป็นอย่างดีทำให้ร่างกายสบาย มีการดูดซับน้ำและระบายความชื้นได้ดี สามารถดูดซับน้ำได้มากกว่าฝ้าย 1.5 เท่า แต่ระบายความชื้นได้เร็วกว่า 50% และดูดซับความร้อนไว้ที่เนื้อผ้าได้สูงกว่า 13-21%

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษาวิจัย

ในบทนี้ได้กล่าวถึง สารเคมี วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับ การศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวเป็นหัวข้อ ดังต่อไปนี้

3.1 สารเคมีที่ใช้

3.1.1 โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 0.5 wt%.

3.1.2 Titanium Dioxide Anatase A220

3.2 วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือ

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์

3.2.1.1 บีกเกอร์ ขนาด 1000 มิลลิลิตร จำนวน 1 บีกเกอร์

3.2.1.2 บีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 2 บีกเกอร์

3.2.1.3 แท่งแก้วคนสาร 2 แท่ง

3.2.1.4 กระบอกตวง ขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 1 กระบอก

3.2.1.5 ถาดอลูминีียม 1 ถาด

3.2.1.6 มือลวด 1 ตารางเมตร

3.2.1.7 บล็อกอลูминีียม ขนาด 17x8 ตารางเซนติเมตร

3.2.1.8 ชุดขาตั้ง จำนวน 2 ชุด

3.2.1.9 เทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน

3.2.1.10 บุหรี่ ยี่ห้อกรองทิพย์

3.2.1.11 ไฟแช็ค

3.2.1.12 รังไห่ม

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.2.1 ตู้อบไอล์ความชื้น

3.2.2.2 Hot Plate จำนวน 2 เครื่อง

3.2.2.3 ปั๊มดูดอากาศยี่ห้อ AIRCHECK SAMPLE รุ่น 224-PCXR4 SKC.INC. USA ดังแสดงในภาพที่ 3.1

3.2.2.4 หลอด UVC (ยี่ห้อ COLE PARMER รุ่น 9815-SERIES LAMPS Serial NO. 0511186, 6 watt EEC) ดังแสดงในภาพที่ 3.2

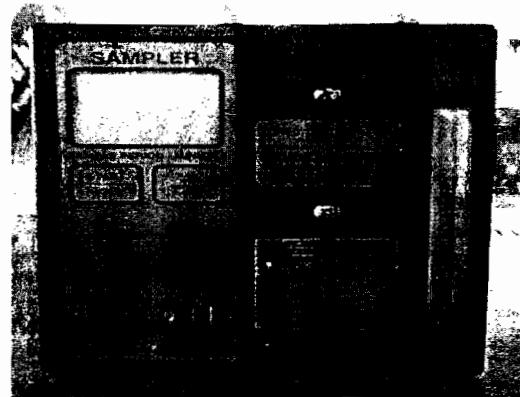
3.2.2.5 เครื่องชั้งสาร 4 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น AG 204) ดังแสดงในภาพที่ 3.3

3.2.2.6 พัคลมขนาดเล็ก ดังแสดงในภาพที่ 3.4

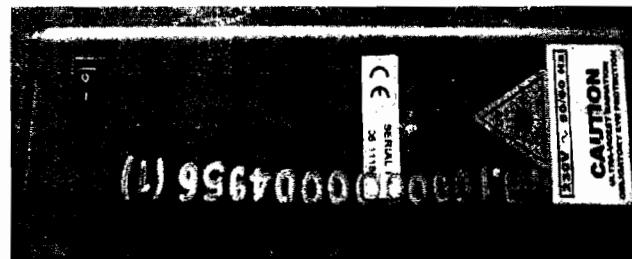
3.2.2.7 ห้องจำลองทำจากกระดาษสา 5 มิลลิเมตร สร้างเป็นห้องสีเหลืองมีฝาปิด ขนาด 0.09 ลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.5

3.2.2.8 เครื่องวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (ยี่ห้อ Fluke รุ่น CO-220 Carbon Monoxide Meter) ดังแสดงในภาพที่ 3.6

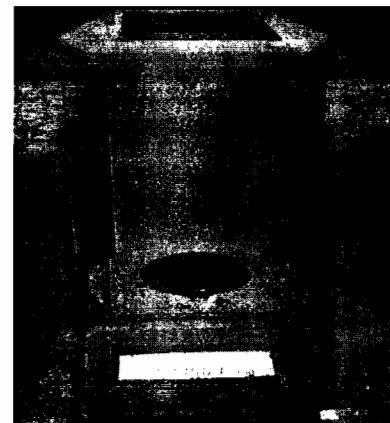
3.2.2.9 Air filter holder ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.8 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.7



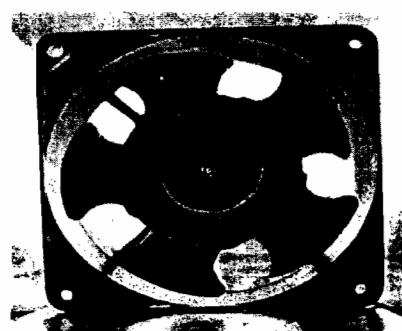
ภาพที่ 3.1 ปั๊มดูดอากาศ ยี่ห้อ AIRCHECK SAMPLE รุ่น 224-PCXR4 SKC.INC. USA



ภาพที่ 3.2 หลอดยูวีชนิดซี (UV-C) ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร



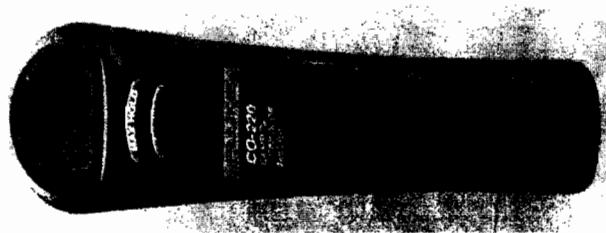
ภาพที่ 3.3 เครื่องซั่งสาร 4 ตัวແນ່ງ



ภาพที่ 3.4 พัดลมขนาดเล็กที่ใช้ในการวิจัย



ภาพที่ 3.5 ห้องจำลองที่ใช้ในการวิจัย ขนาด 0.09 ลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 3.6 เครื่องวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์



ภาพที่ 3.7 Air filter holder

3.3 ขั้นตอนการเตรียมการวิจัย

3.3.1 การเตรียมรังไหม

3.3.1.1 นำรังไหมพันธุ์ *Bombyx mori* มาทำความสะอาด

3.3.1.2 ตัดรังไหมเป็นชิ้นเล็ก ๆ

3.3.2 การเตรียมสารละลายน้ำ

3.3.2.1 น้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ต่อรังไหม 6 กรัม

3.3.2.2 สารละลายน้ำความเข้มข้น 0.5 wt% ของโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)

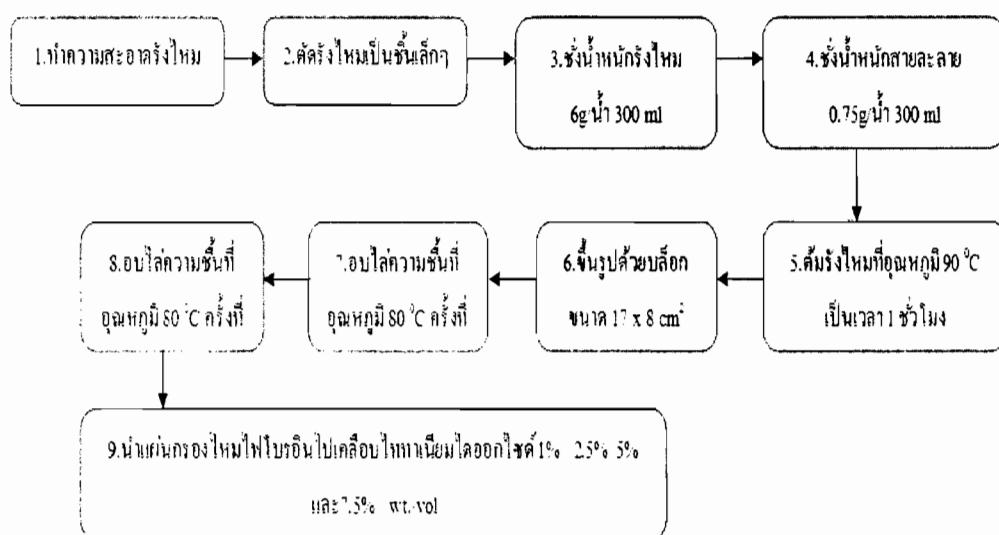
3.4 การสังเคราะห์และขึ้นรูปแผ่นกรองไหมไฟโนรอกิน

การสังเคราะห์และขึ้นรูปแผ่นกรองไหมไฟโนรอกิน ด้วยสารละลายน้ำโซเดียมคาร์บอเนต

3.4.1 การสังเคราะห์แผ่นกรองไหมไฟโนรอกินด้วย Na_2CO_3

ชั้nrangไหมปริมาณ 6 กรัม สารละลายน้ำโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาณ 0.75 กรัม และน้ำกลั่นปริมาณ 300 มิลลิลิตร ละลายสารละลายน้ำกับน้ำกลั่น แล้วนำรังไหมที่เตรียมไว้ไปต้มใน Hot Plate ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากต้ม

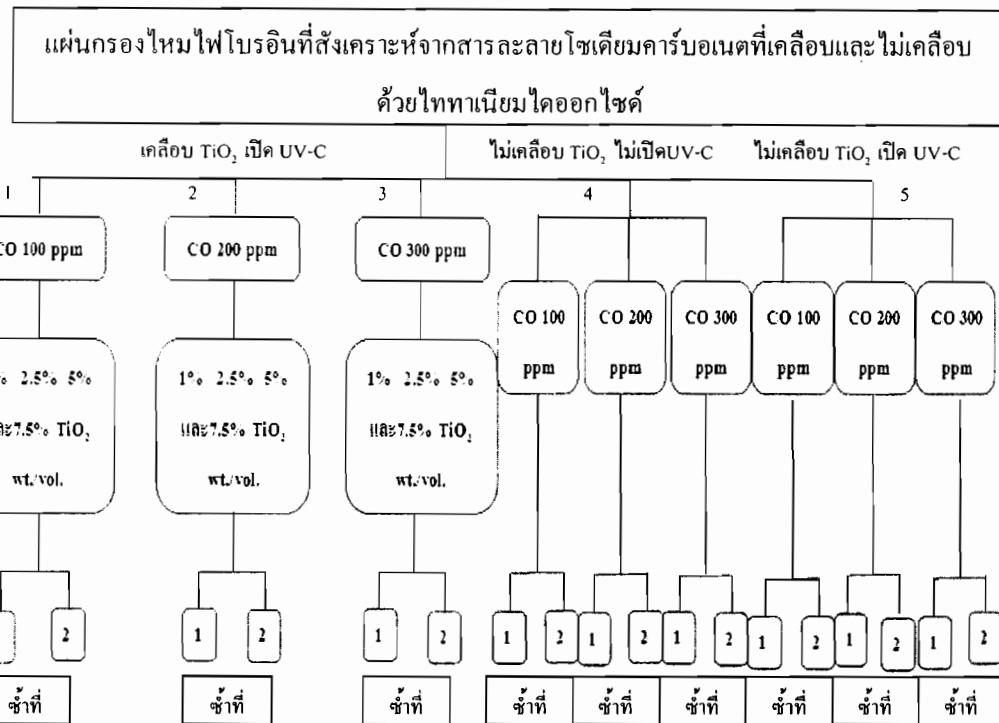
เสริจแล้วรอให้เย็นแล้วนำมาร่อนในน้ำเพื่อขีนรูปในบล็อกขึ้นรูป แล้วรีดนำออกนำเอาบล็อกขึ้นรูป อีกแผ่นมาปิด ขันนื้อตให้แน่น จากนั้นนำไปเข้าตู้อบໄล์ความชื้นอย่างน้อยเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากบล็อกขึ้นรูป นำมาอบต่ออีกรั้ง (วางบนแผ่นมุ้งลวด) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบ เก็บแผ่นกรองไหムไฟโนรินในถุงสูญญากาศก่อนนำไปเคลือบไทยเนียมโดยออกไซด์ต่อปริมาตรของสารละลาย PVA โดยวิธีการใช้แปรงท่าสารละลายไทยเนียมโดยออกไซด์ลงบนแผ่นกรองไหムไฟโนริน ดังแสดงในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการสังเคราะห์แผ่นกรองไหムไฟโนรินด้วย Na_2CO_3 และเคลือบด้วย TiO_2

3.5 การศึกษาการนำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไหム

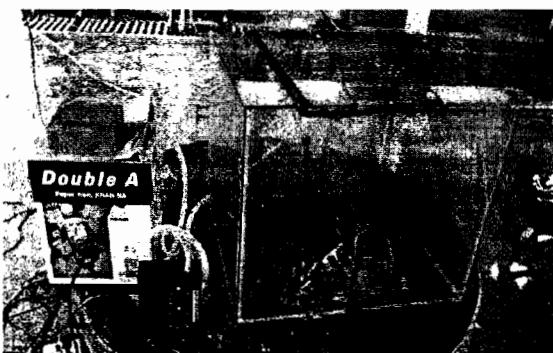
การศึกษาประสิทธิภาพการนำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไหムที่สังเคราะห์ได้แบ่งออกเป็น 5 ชุดการทดลองย่อยดังแสดงในภาพที่ 3.9



**ภาพที่ 3.9 การทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นกรองไนน์ไฟบอรอนที่เคลือบและไม่เคลือบ
ไฟฟานียมไดออกไซด์**

3.5.1 การศึกษาประสิทธิภาพการนำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไนน์ ไฟที่ไม่เคลือบไฟฟานียมไดออกไซด์ และไม่เปิดแสง UV-C

การศึกษาประสิทธิภาพการนำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ในห้องจำลอง
ทำการศึกษาโดยการจุดบุหรี่ห้องรองทิพย์เพื่อทำให้เกิดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้น
ประมาณ 100 200 และ 300 ppm ตามลำดับ ในห้องทดลองระบบปิดที่ทำการกระจายน้ำประมาณ
5 มิลลิเมตร ขนาด 0.09 ลูกบาศก์เมตร โดยทำการเปิดพัดลมขนาด 220 โลลต์ เพื่อให้ก้าช
คาร์บอนมอนอกไซด์กระจายทั่วห้องจำลอง จากนั้นทำการเปิดปั๊มดูดอากาศซึ่งตั้งอยู่นอกห้องจำลอง
เพื่อดูดอากาศจากห้องจำลองผ่านแผ่นกรองไนน์ไฟที่ไม่เคลือบไฟฟานียมไดออกไซด์ และไม่เปิดแสง
UV-C ด้วยอัตรา 4 ลิตรต่อนาที เปิดเครื่องวัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ติดตั้งอยู่ภายนอกห้อง
จำลอง เพื่อวัดค่าความเข้มข้นของก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 400 นาที ทำการ
ทดลองที่ความเข้มข้นละ 2 ชั้้ รวม 6 การทดลอง การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง แสดงในภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนอนออกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไนน์



ภาพที่ 3.11 หลอด UV-C บรรจุในกล่องทึบแสง

3.5.2 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนอนออกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นแตกต่างกัน โดยใช้แผ่นกรองไนน์ที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ที่ปริมาณแตกต่างกัน

ทำการติดตั้งอุปกรณ์การทดลองดังข้อที่ 3.5.1 จากนั้นทำการเปิดปั๊มดูดอากาศและหลอด UV-C ที่มีความเข้มแสง 0.22 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ชั่งตั้งอยู่นอกห้องจำลอง เพื่อดูดอากาศจากห้องจำลองผ่านแผ่นกรองไนน์ที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ในปริมาณ 1% 2.5% 5% และ 7.5% wt.TiO₂/vol.sol. ตามลำดับ ด้วยอัตรา 4 ลิตรต่อนาที เปิดเครื่องวัดก๊าซคาร์บอนอนออกไซด์ที่ติดตั้งอยู่ภายนอกห้องจำลอง เพื่อวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนอนออกไซด์ทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 400 นาที ทำการทดลองที่ความเข้มข้นละ 2 ชั้้ รวม 24 การทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 3.10 และ 3.11

3.5.3 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไหนที่ไม่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ และเปิดแสง UV-C

ทำการติดตั้งอุปกรณ์การทดลองดังข้อที่ 3.5.1 จากนั้นทำการเปิดปั๊มดูดอากาศและหลอด UV-C ที่มีความเข้มแสง 0.22 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งตั้งอยู่นอกห้องจำลอง เพื่อดูดอากาศจากห้องจำลองผ่านแผ่นกรองไหนที่ไม่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ ด้วยอัตรา 4 ลิตรต่อนาที เปิดเครื่องวัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ติดตั้งอยู่ภายนอกห้องจำลอง เพื่อวัดค่าความเข้มข้นของก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 400 นาที ทำการทดลองที่ความเข้มข้นละ 2 ชั้น รวม 6 การทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 3.10 และ 3.11

3.6 การคำนวณประสิทธิภาพจากการบำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์

ในการคำนวณประสิทธิภาพการบำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไหนไฟโบรอนที่สังเคราะห์จากสารละลายน้ำเดิมการรับน้ำโดยเคลือบและไม่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3.1

$$\%RE = \frac{C_{co,o} - C_{co}}{C_{co}} \times 100 \quad (3.1)$$

ซึ่ง $\%RE$ = ประสิทธิภาพในการบำบัดในช่วงเข้าสู่สมดุล

$C_{co,o}$ = ความเข้มข้นเฉลี่ยเริ่มต้น (ppm)

C_{co} = ความเข้มข้นเฉลี่ย ณ จุดสมดุล (ppm)

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

4.1 ลักษณะของแผ่นกรองไหมไฟรอรอนสังเคราะห์ได้

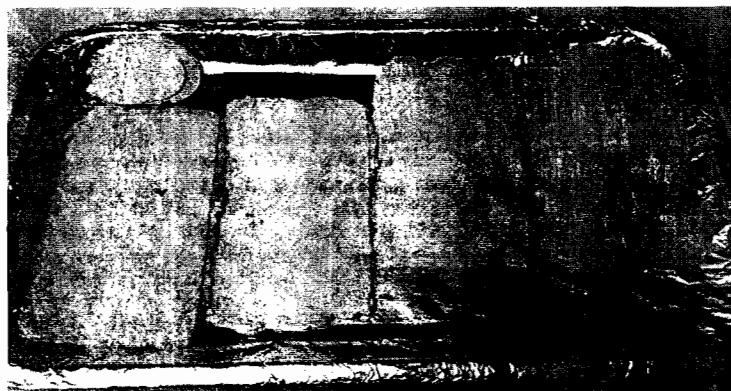
4.1.1 แผ่นกรองไหมที่ผ่านการขึ้นรูป

แผ่นกรองรังไหมที่ผ่านการขึ้นรูปโดยการต้มรังไหมในปริมาณ 6 กรัม กับสารละลายน้ำโซเดียมคาร์บอเนต 0.75 กรัม ในน้ำ 300 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปขึ้นรูปด้วยบล็อกที่มีขนาด 17×8 ตารางเซนติเมตร แผ่นกรองไหมที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นสีเหลืองทอง ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แผ่นกรองไหมที่ผ่านการขึ้นรูปและยังไม่ได้เคลือบเทาเนยม ได้ออกไซด์

สำหรับแผ่นกรองรังไหมที่ผ่านการขึ้นรูปโดยการต้มรังไหมในปริมาณ 6 กรัม กับสารละลายน้ำโซเดียมคาร์บอเนต 0.75 กรัม ในน้ำ 300 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปขึ้นรูปด้วยบล็อกที่มีขนาด 17×8 ตารางเซนติเมตร และนำไปเคลือบเทาเนยม ได้ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1%, 2.5%, 5% และ 7.5% โดยนำหนังของสารละลายน้ำโซเดียมคาร์บอเนตที่ปริมาตรของสารละลายน้ำ PVA แผ่นกรองไหมที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นสีเหลืองสีขาว โดยสีขาวที่ได้เกิดจากการเคลือบด้วยเทาเนยม ได้ออกไซด์ ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แผ่นกรองไหนที่ผ่านการขึ้นรูปและเคลือบไททาเนียมโดยอุกไซด์ 1%, 2.5%, 5% และ 7.5% ตามลำดับ

4.1.2 เปรียบเทียบลักษณะแผ่นกรองไหนก่อนและหลังการใช้งาน

4.1.2.1 แผ่นกรองไหนที่ไม่เคลือบไททาเนียมโดยอุกไซด์

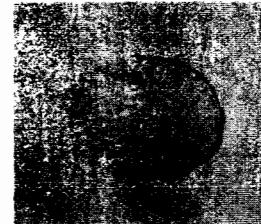
ลักษณะของแผ่นกรองไหนที่ไม่เคลือบไททาเนียมโดยอุกไซด์ที่ยังไม่ผ่านการทดลอง และผ่านการทดลองแล้วโดยการเปิดและไม่เปิดแสง UV-C เป็นเวลา 400 นาที โดยไม่มีการใช้ช้ำ มีลักษณะที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังแสดงในภาพที่ 4.3



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.3 แผ่นกรองไหนที่ไม่เคลือบไททาเนียมโดยอุกไซด์

(ก) แผ่นกรองไหนก่อนการทดลอง

(ข) แผ่นกรองไหนหลังการทดลองโดยไม่เปิด UV-C

(ค) แผ่นกรองไหนหลังการทดลองโดยการเปิด UV-C

4.1.2.2 แผ่นกรองไหนที่เคลือบไททาเนียมโดยอุกไซด์

ลักษณะของแผ่นกรองไหนที่เคลือบไททาเนียมโดยอุกไซด์ 1%, 2.5%, 5% และ 7.5% wt. $TiO_2/vol.sol.$ สีของแผ่นกรองไหนจะมีความเข้มข้นขึ้นตามลำดับของเปอร์เซ็นต์

ไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบ จากแผ่นกรองไนน์ที่มีสีเหลืองทองเมื่อทำการเคลือบ ไททาเนียมไดออกไซด์จะมีสีเป็นสีขาวเหลือง และจะออกสีขาวเมื่อปริมาณของไททาเนียมไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้น และเมื่อผ่านการทดลองโดยการเปิดแสง UV-C เป็นเวลา 400 นาที โดยไม่มีการใช้ช้ำ แผ่นกรองไนน์จะมีลักษณะเป็นรอยสีดำบริเวณตรงกลางแผ่นในทุกเบอร์ เช่นเดียวกับไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนนุ่หรี ดังแสดงในภาพที่ 4.4-4.7



(ก) ก่อนการทดลอง



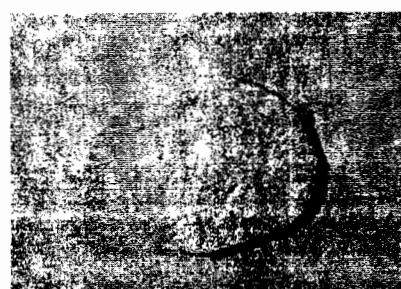
(ข) หลังการทดลอง

ภาพที่ 4.4 แผ่นกรองไนน์เคลือบ TiO_2 1%

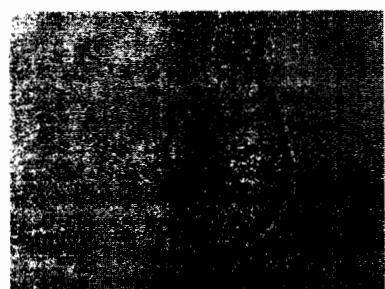
(ก) ก่อนการทดลอง



(ข) หลังการทดลอง

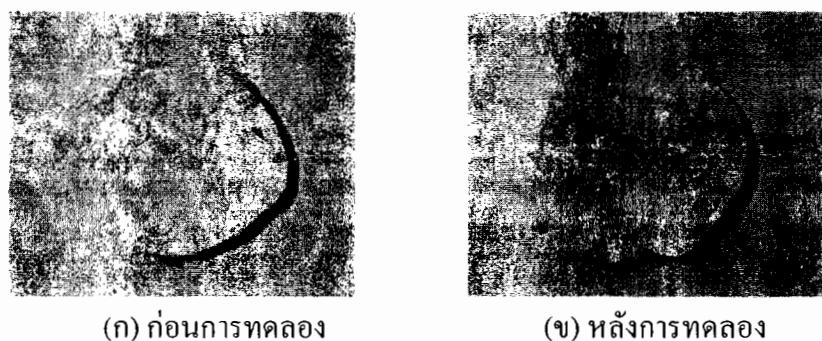
ภาพที่ 4.5 แผ่นกรองไนน์เคลือบ TiO_2 2.5%

(ก) ก่อนการทดลอง



(ข) หลังการทดลอง

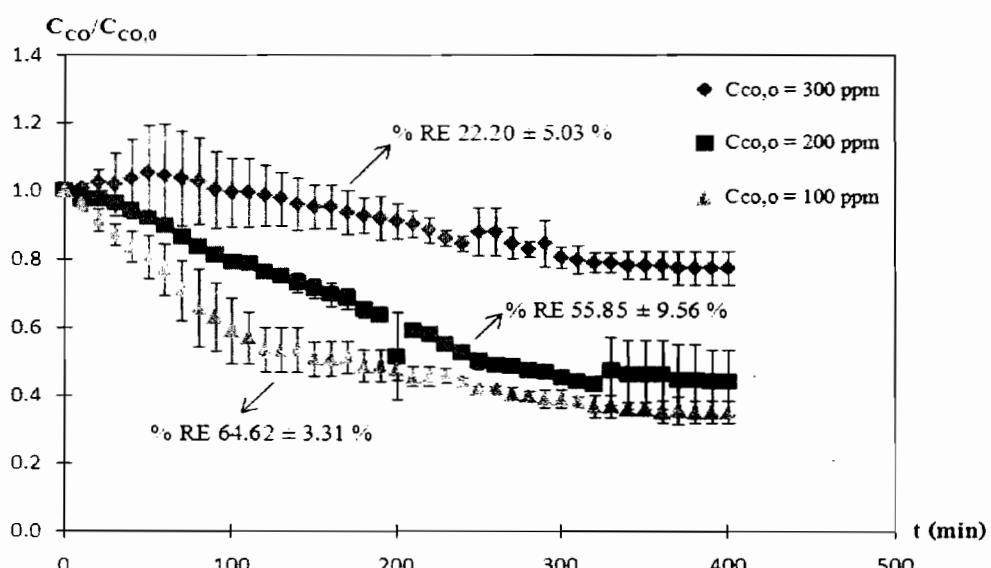
ภาพที่ 4.6 แผ่นกรองไนน์เคลือบ TiO_2 5%



ภาพที่ 4.7 แผ่นกรองไนมเคลือบ TiO_2 7.5%

4.2 ประสิทธิภาพการบำบัดกําชาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไนมที่ไม่เคลือบไททาเนียม ไดออกไซด์ และไม่เปิดแสง UV -C

ในชุดการทดลองนี้ใช้แผ่นกรองไนมไฟฟอโรอินที่สังเคราะห์ด้วยสารละลายน้ำเดือน คาร์บอนเนต (Na_2CO_3) ที่ไม่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ ความเข้มข้นของกําชาร์บอนมอนอกไซด์เริ่มต้นประมาณ 100, 200 และ 300 ppm โดยควบคุมอัตราการไหลเข้าและออกจากห้องจำลองไปสู่แผ่นกรองไนมไฟฟอโรอินที่อยู่ใน filter holder เท่ากับ 4.0 ลิตรต่อนาที โดยไม่เปิดแสง UV-C ซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 4.8



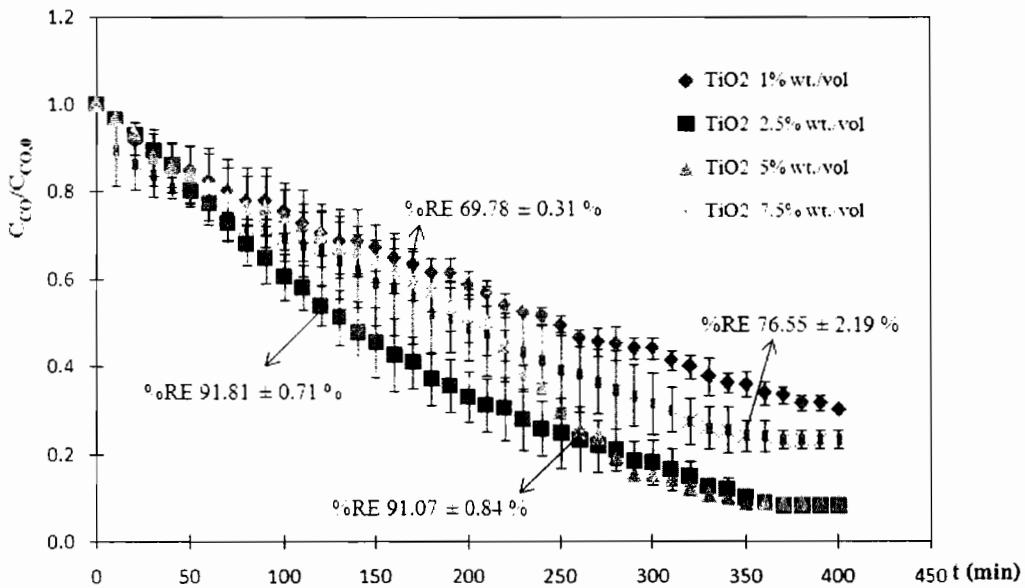
ภาพที่ 4.8 ประสิทธิภาพการบำบัดกําชาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไนมไฟฟอโรอินที่
ไม่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์และไม่เปิดแสง UV-C ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ
กําชาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 100, 200 และ 300 ppm

จากภาพที่ 4.8 จะเห็นได้ว่า เมื่อใช้แผ่นกรองไนมไฟบอร์อินที่ไม่เคลือบเทาเนี่ยมได้ออกไซด์ในการบำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากควันบุหรี่ในห้องจำลอง แล้ววัดค่าความเข้มข้นทุก 10 นาที เป็นเวลา 400 นาที ความเข้มข้นของก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ มีแนวโน้มลดลงตามเวลาในการบำบัด ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ $64.62 \pm 3.31\%$, $55.85 \pm 9.56\%$ และ $22.20 \pm 5.03\%$ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 100, 200 และ 300 ppm ตามลำดับ จากการทดลองจะเห็นว่าเมื่อความเข้มข้นของก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงเนื่องมาจากความเข้มข้นของก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่ามากเกินไปอาจจะทำให้เกิดการอุดตันของอากาศที่ไหลผ่านแผ่นกรองทำให้แผ่นกรองไนมบำบัดได้ไม่ดีเท่าที่ควรและแผ่นกรองไนมที่ใช้ไม่ได้ทำการเคลือบเทาเนี่ยมได้ออกไซด์และไม่เปิดแสง UV-C จึงไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาเข้ามาช่วยในการบำบัด อย่างไรก็ตามแผ่นกรองไนมไฟบอร์อินที่สังเคราะห์ด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต มียังมีคุณสมบัติในการดูดซับก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ ทำให้ค่าความเข้มข้นของก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง

4.3 ประสิทธิภาพการบำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไนมที่เคลือบเทาเนี่ยมได้ออกไซด์ที่ปริมาณแตกต่างกัน ด้วยกระบวนการโพโตคละไอลติกออกซิเดชัน

4.3.1 ประสิทธิภาพการบำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น ประมาณ 100 ppm

ในชุดการทดลองนี้ใช้แผ่นกรองไนมไฟบอร์อินที่สังเคราะห์ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) โดยจะศึกษาผลที่เกิดจากการเปลี่ยนปริมาณของเทาเนี่ยมได้ออกไซด์ที่เคลือบลงบนแผ่นกรองไนมไฟบอร์อินที่ 1%, 2.5%, 5% และ 7.5% wt. TiO_2 /vol.sol. ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 100 ppm โดยควบคุมอัตราการไหลเข้าและออกจากห้องจำลองไปสู่แผ่นกรองไนมไฟบอร์อินที่อยู่ใน filter holder เท่ากับ 4.0 ลิตรต่อนาที หลอดบูร์วีที่ใช้มีความเข้มแสง 0.22 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร มีความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ซึ่งได้ผลการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 4.9



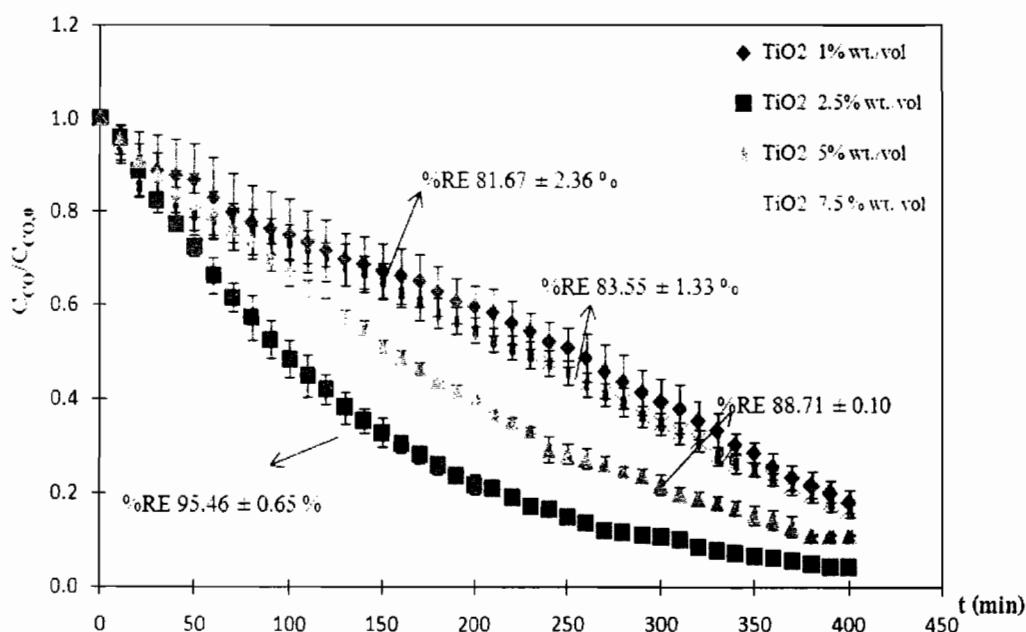
ภาพที่ 4.9 ประสิทธิภาพการนำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไนมไฟบอรินที่เคลือบไทยาเนียมโดยออกไซด์ในปริมาณแตกต่างกันที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 100 ppm

จากภาพที่ 4.9 จะเห็นได้ว่า เมื่อใช้กระบวนการฟอโตคตัลติกออกซิเดชันในการนำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากน้ำหรือถูกเผาในห้องจำลอง แล้ววัดค่าความเข้มข้นทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 400 นาที ความเข้มข้นของก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลงตามเวลา โดยแผ่นกรองไนมไฟบอรินที่เคลือบไทยาเนียมโดยออกไซด์ 2.5 % wt. TiO_2 /vol.sol. จะให้ประสิทธิภาพในการนำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ดีที่สุด คือ $91.81 \pm 0.71\%$ อันดับที่สองคือ 5% wt. TiO_2 /vol.sol. ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการนำบัด $91.07 \pm 0.84\%$ อันดับที่สาม คือ 7.5% wt. TiO_2 /vol.sol. ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการนำบัด $76.55 \pm 2.19\%$ และอันดับที่สี่คือ 1% wt. TiO_2 /vol.sol. ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการนำบัด $69.78 \pm 0.31\%$ ทั้งนี้ ที่ปริมาณไทยาเนียมโดยออกไซด์ 2.5% wt. TiO_2 /vol.sol. ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด อาจเนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณของไทยาเนียมโดยออกไซด์มากเกินไปทำให้มีผลกับแสง UV ที่ส่องไปยังไทยาเนียมโดยออกไซด์เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาและอาจเกิดการอุดตันของอากาศที่ไอลผ่านแผ่นกรอง ในการกลับกันถ้าปริมาณไทยาเนียมโดยออกไซด์น้อยเกินไปจะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ไม่ดีพอ ทำให้ประสิทธิภาพในการนำบัดไม่ดีเท่าที่ควร เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของนายเอกรัฐ ศรีอ่อน เรื่องการนำบัดคลิกภาวะอากาศภายในอาคาร โดยการใช้ไทยาเนียมโดยออกไซด์เคลือบบนแผ่นไข้แก้ว พบว่า ประสิทธิภาพการนำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปริมาณไทยาเนียมโดยออกไซด์ที่ 25 g/m^2 และ 35 g/m^2

มีประสิทธิภาพในการนำบัดไกกลีดีเบิงกันคือ $82 \pm 1.4\%$ และ $84.5 \pm 0.7\%$ ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการนำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปริมาณไ tha เนี่ยมได้ออกไซด์ที่ 15 g/m^2 มีค่าน้อยที่สุดคือ $73 \pm 0.7\%$

4.3.2 ประสิทธิภาพการนำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 200 ppm

ในชุดการทดลองนี้ใช้แผ่นกรองไหมไฟไบรอินที่สังเคราะห์ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) โดยจะศึกษาผลที่เกิดจากการเปลี่ยนปริมาณของไ tha เนี่ยมได้ออกไซด์ที่เคลือบลงบนแผ่นกรองไหมไฟไบรอินที่ $1\%, 2.5\%, 5\%$ และ $7.5\% \text{ wt. TiO}_2/\text{vol.sol.}$ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ในประมาณ 200 ppm โดยควบคุมอัตราการไหลเข้าและออกจากห้องจำลองไปสู่แผ่นกรองไหมไฟไบรอินที่อยู่ใน filter holder เท่ากับ 4.0 ลิตรต่อนาที หลอดญี่วีที่ใช้มีความเข้มแข็ง $0.22 \text{ มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร}$ มีความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ซึ่งได้ผลการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 4.10



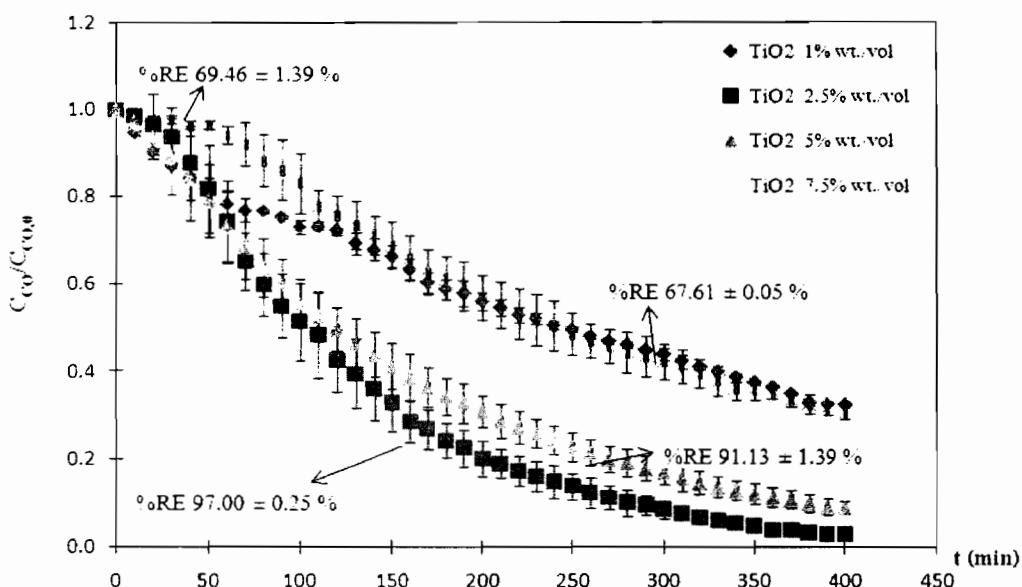
ภาพที่ 4.10 ประสิทธิภาพการนำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไหมไฟไบรอินที่เคลือบไ tha เนี่ยมได้ออกไซด์ ในปริมาณแตกต่างกันที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 200 ppm

จากภาพที่ 4.10 จะเห็นได้ว่า เมื่อใช้กระบวนการโฟโตකัตไลติกออกซิเดชันในการนำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากบุหรี่ที่ถูกเผาในห้องจำลอง แล้ววัดค่าความเข้มข้น

ทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 400 นาที ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลงตามเวลา โดยแผ่นกรองไนมไฟไบโพรอินที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ 2.5% wt. TiO_2 /vol.sol. จะให้ประสิทธิภาพในการนำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ตี่สุด คือ $95.46 \pm 0.65\%$ อันดับที่สอง คือ 5% wt. TiO_2 /vol.sol. ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการนำบัด $88.71 \pm 0.10\%$ อันดับที่สาม คือ 7.5% wt. TiO_2 /vol.sol. ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการนำบัด $83.55 \pm 1.33\%$ อันดับที่สี่ คือ 1% wt. TiO_2 /vol.sol. ซึ่งประสิทธิภาพในการนำบัด $81.67 \pm 2.36\%$ ซึ่งผลที่ได้จากชุดการทดลองนี้ แสดงถึงสัดส่วนกับชุดการทดลองในหัวข้อ 4.3.1

4.3.3 ประสิทธิภาพการนำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 300 ppm

ในชุดการทดลองนี้ใช้แผ่นกรองไนมไฟไบโพรอินที่สังเคราะห์ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) โดยจะศึกษาผลที่เกิดจากการเปลี่ยนปริมาณของไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบลงบนแผ่นกรองไนมไฟไบโพรอินที่ 1%, 2.5%, 5% และ 7.5% โดยนำหนักของสารละลายที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณประมาณ 300 ppm โดยควบคุมอัตราการไหหลεาและออกจากห้องจำลองไปสู่แผ่นกรองไนมไฟไบโพรอินที่อยู่ใน filter holder เท่ากับ 4.0 ลิตรต่อนาที หลอดญูวีที่ใช้มีความเข้มแสง 0.22 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร มีความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ซึ่งได้ผลการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 4.11

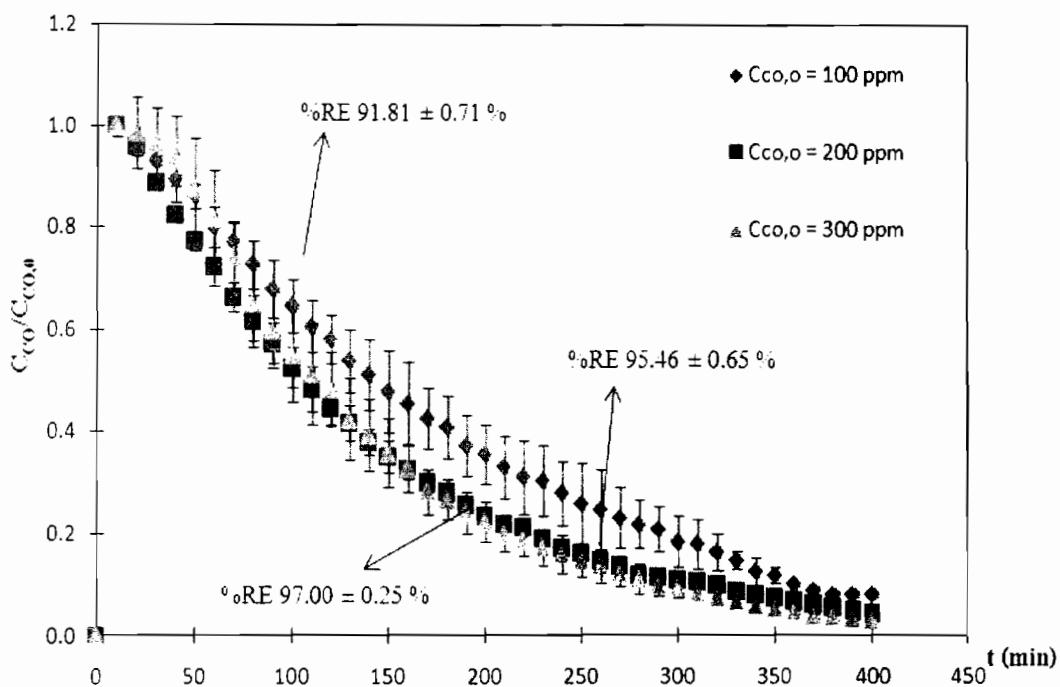


ภาพที่ 4.11 ประสิทธิภาพการนำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไนมไฟไบโพรอินที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ในปริมาณแตกต่างกันที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 300 ppm

จากการที่ 4.11 จะเห็นได้ว่า เมื่อใช้กระบวนการไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าติดกับอุปกรณ์ในการนำบัดก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากบุหรี่ที่ถูกเผาในห้องจำลอง แล้ววัดค่าความเข้มข้นทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 400 นาที ความเข้มข้นของก้าชาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลงตามเวลา โดยแผ่นกรองไนน์ไฟโนรินที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ 2.5% wt. $\text{TiO}_2/\text{vol.sol.}$ จะให้ประสิทธิภาพในการนำบัดก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ที่สุด คือ $97.00 \pm 0.25\%$ อันดับที่สองคือ 5% wt. $\text{TiO}_2/\text{vol.sol.}$ ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการนำบัด $91.13 \pm 1.39\%$ อันดับที่สาม คือ 7.5% wt. $\text{TiO}_2/\text{vol.sol.}$ ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการนำบัด $69.46 \pm 1.39\%$ อันดับที่สี่ คือ 1% wt. $\text{TiO}_2/\text{vol.sol.}$ ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการนำบัด $67.61 \pm 0.05\%$ ซึ่งผลที่ได้จากชุดการทดลองนี้ สอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดลองในหัวข้อ 4.3.1 และ 4.3.2

4.3.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำบัดก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้น 100 ppm, 200 ppm และ 300 ppm ที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ที่ดีที่สุด 2.5% wt. $\text{TiO}_2/\text{vol.sol.}$

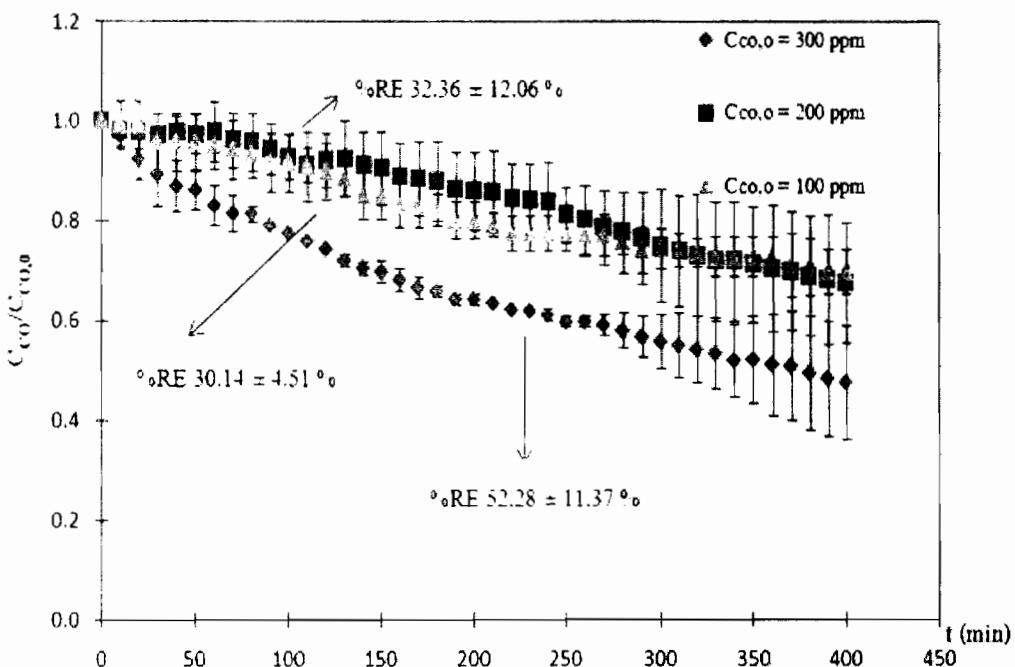
จากการทดลอง เมื่อนำค่าประสิทธิภาพการนำบัดก้าชาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไนน์ไฟโนรินที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ในปริมาณ 2.5% wt. $\text{TiO}_2/\text{vol.sol.}$ ซึ่งเป็นค่าการนำบัดที่ดีที่สุด มาทดสอบภาพเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำบัดที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 100, 200 และ 300 ppm พบว่าที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 100 ppm ให้ประสิทธิภาพการนำบัดที่ $91.81 \pm 0.71\%$ ความเข้มข้นเริ่มต้นของก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 200 ppm ให้ประสิทธิภาพการนำบัดที่ $95.46 \pm 0.65\%$ และความเข้มข้นเริ่มต้นของก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 300 ppm ให้ประสิทธิภาพการนำบัดที่ $97.00 \pm 0.25\%$ จากผลการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพการนำบัดมีความสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพการนำบัดที่ดีที่สุดอยู่ที่ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 300 ppm



ภาพที่ 4.12 ประสิทธิภาพการบำบัดกําชการ์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไนฟ์บอรินที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ในปริมาณ 2.5% wt. $TiO_2/vol.sol.$ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของกําชการ์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 100, 200 และ 300 ppm

4.4 ประสิทธิภาพการบำบัดกําชการ์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไนฟ์บอรินที่ไม่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ แต่เปิดแสง UV-C

ในชุดการทดลองนี้ใช้แผ่นกรองไนฟ์บอรินที่สังเคราะห์ด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ที่ไม่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ ความเข้มข้นของกําชการ์บอนมอนอกไซด์เริ่มต้นประมาณ 100, 200 และ 300 ppm โดยควบคุมอัตราการไหลเข้าและออกจากห้องจำลองไปสู่แผ่นกรองไนฟ์บอรินที่อยู่ใน filter holder เท่ากับ 4.0 ลิตรต่อนาที หลอดญี่ปุ่น มีความเข้มแสง 0.22 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร มีความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ซึ่งได้ผลการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แผ่นกรองไนโตรบอรอนินที่ไม่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์และเปิดแสง UV-C ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 100, 200 และ 300 ppm

จากการที่ 4.13 จะเห็นได้ว่า เมื่อใช้แผ่นกรองไนโตรบอรอนินที่ไม่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์และเปิดแสง UV-C ในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากควันบุหรี่ในห้องจำลอง แล้ววัดค่าความเข้มข้นทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 400 นาที ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีแนวโน้มลดลงตามเวลาซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ $30.14 \pm 4.51\%$, $32.36 \pm 12.06\%$ และ $52.28 \pm 11.37\%$ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 100, 200 และ 300 ppm ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการบำบัดโดยใช้แผ่นกรองไนโตรบอรอนินที่ไม่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์แต่เปิดแสง UV-C นั้นสามารถบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ได้ใกล้เคียงกับการบำบัดโดยใช้แผ่นกรองไนโตรบอรอนินเพียงอย่างเดียว

จากการที่ 4.12 และ 4.13 เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดระหว่างแผ่นกรองไนโตรบอรอนินที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์และเปิดแสง UV-C กับแผ่นกรองไนโตรบอรอนินที่ไม่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์และเปิดแสง UV-C พบร่วมกันที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และเปิดแสง UV-C ให้ประสิทธิภาพการบำบัดได้ดีกว่าซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี โดยเมื่อมีการฉายแสงไปยังแผ่นกรองรังไหนที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แสงจะไปทำ

หน้าที่ให้ตัวเร่งปฏิกริยานั้นเกิดปฏิกริยาได้เร็วขึ้นจึงทำให้มีประสิทธิภาพการบำบัดได้ดีกว่า
แผ่นกรองรังไม่ที่ไม่มีการเคลือบไททาเนียม ไออองไซด์ (ศรัณยูฯ ทองอุ่น, 2555)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยนี้ ได้ใช้สารละลายน้ำเดียมคาร์บอนเนต (Na_2CO_3) ในการสังเคราะห์แผ่นกรองไนมไฟโนรอน ในปริมาณรังไนม 6 กรัม และความเข้มข้นของสารละลายน้ำเดียมคาร์บอนเนต 0.75 กรัม แล้วนำไปขึ้นรูปด้วยกล้องอุณหภูมิในอุณหภูมิ 17 x 8 ตารางเซนติเมตร และนำไปเคลือบไกทานียมโดยออกไซด์ที่ปริมาณความเข้มข้นของไกทานียมโดยออกไซด์ 1% 2.5% 5% และ 7.5% โดยนำหานักของสารละลายน้ำเดียม (PVA) จากนั้นจึงนำไปทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 100, 200 และ 300 ppm ในห้องจำลองระบบปิดที่ทำการทดลอง มีขนาด $45 \times 50 \times 40$ เซนติเมตร โดยกระบวนการไฟฟ้ากระแสสลับ ออกซิเดชัน ซึ่งผลจากการวิจัยสามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

5.1.1 การทดสอบประสิทธิภาพแผ่นกรองไนมไฟโนรอนที่ไม่ได้เคลือบไกทานียมโดยออกไซด์และไม่เปิดแสง UV - C

แผ่นกรองไนมไฟโนรอนที่สังเคราะห์โดยใช้น้ำเดียมคาร์บอนเนต (Na_2CO_3) ที่ไม่ได้เคลือบไกทานียมโดยออกไซด์ เมื่อนำไปใช้ในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 100, 200 และ 300 ppm โดยไม่ทำการเปิดแสง UV พบร่วมน้ำประสีทิชภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ $64.62 \pm 3.31\%$, $55.85 \pm 9.56\%$ และ $22.20 \pm 5.03\%$ ตามลำดับ ซึ่งประสีทิชภาพการบำบัดเกิดจากการดูดซับของแผ่นกรองไนม

5.1.2 การทดสอบประสิทธิภาพแผ่นกรองไนมไฟโนรอนที่เคลือบไกทานียมโดยออกไซด์ที่ปริมาณแตกต่างกัน ด้วยกระบวนการไฟฟ้ากระแสสลับออกซิเดชัน

แผ่นกรองไนมไฟโนรอนที่สังเคราะห์โดยใช้น้ำเดียมคาร์บอนเนต (Na_2CO_3) สามารถจีนรูปได้ค่อนข้างง่าย แต่ยังคงมีกลิ่นของสารเคมีตกค้างอยู่หลังจากการสกัด เมื่อนำไปเคลือบไกทานียมโดยออกไซด์ แล้วนำไปบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 100, 200 และ 300 ppm พบร่วมกับกระบวนการไฟฟ้ากระแสสลับ ไฟฟ้ากระแสสลับ ($\text{TiO}_2 / \text{vol.sol.}$) ให้ประสีทิชภาพการบำบัดที่ดีที่สุด เมื่อจากไกทานียมโดยออกไซด์ที่ใช้เคลือบแผ่นกรองรังไนมมีปริมาณที่ไม่หนาและไม่บางจนเกินไปจึงทำให้เกิดประสิทธิภาพในการบำบัดได้ดีที่สุด จากผลการทดลองจะพบว่า ค่าความเข้มข้นที่ 100 ppm จะมีประสีทิชภาพการบำบัด

ประมาณ $91.81 \pm 0.71\%$ ค่าความเข้มข้นที่ 200 ppm จะมีประสิทธิภาพการบำบัดประมาณ $95.46 \pm 0.65\%$ และค่าความเข้มข้นที่ 300 ppm จะมีประสิทธิภาพการบำบัดประมาณ $97.00 \pm 0.25\%$ ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัดที่ได้นั้นเกิดจากสาร “ไทยาเนียม” ได้ออกไซด์ที่ใช้เคลือบบนผิวของแผ่นกรอง ใหม่ทำปฏิกิริยากับแสง UV-C เกิดเป็นกระบวนการ “ฟอโตแคตเตอร์ไอลติกออกซิเดชัน”

5.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพแผ่นกรองใหม่ไฟโนรอินที่ไม่เคลือบ “ไทยาเนียม” ได้ออกไซด์และเปิดแสง UV - C

แผ่นกรองใหม่ไฟโนรอินที่ไม่เคลือบ “ไทยาเนียม” ได้ออกไซด์และเปิดแสงยูวี ในการบำบัดก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากควันบุหรี่ในห้องจำลอง แล้ววัดค่าความเข้มข้นทุก 10 นาที เป็นเวลา 400 นาที ความเข้มข้นของก้าชาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลงตามเวลา ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ $30.14 \pm 4.51\%$, $32.36 \pm 12.06\%$ และ $52.28 \pm 11.37\%$ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 100, 200 และ 300 ppm ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัดที่ได้นั้นอาจเกิดจากการดูดซับของแผ่นกรองใหม่ไฟโนรอินร่วมกับการถลายน้ำพันธะของโมเลกุลของก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ โดยแสง UV-C

5.2 ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

5.2.1 ควรมีการศึกษาโครงสร้างของแผ่นกรองใหม่ไฟโนรอินที่ทำการเคลือบ “ไทยาเนียม” ได้ออกไซด์ก่อนการทดสอบประสิทธิภาพและหลังการทดสอบประสิทธิภาพ

5.2.2 ควรมีการทดสอบอายุการใช้งานของแผ่นกรองใหม่ไฟโนรอินที่เคลือบ “ไทยาเนียม” ได้ออกไซด์

5.2.3 ควรมีการศึกษาแผ่นกรองใหม่ไฟโนรอินที่เคลือบ “ไทยาเนียม” ได้ออกไซด์ เปรียบเทียบกับหน้ากากอนามัยในที่ขายตามท้องตลาด

5.2.4 ควรมีการทดสอบประสิทธิภาพแผ่นกรองใหม่ไฟโนรอินที่เคลือบ “ไทยาเนียม” ได้ออกไซด์โดยใช้กับก้าชพิษชนิดอื่นๆ เช่น NO_x หรือ VOC_s

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. “วงจรชีวิตของไนม”, มาธ์จักกับไนม. <http://www.thaigoodview.com/node/116287>. 10 กุมภาพันธ์, 2556.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. “สถานีทดลองหม่อนไนมอุบลราชธานี”, บริการแหล่งความรู้. <http://www.most.go.th/main/index.php/services/knowledge-service/1114-2009-12-03-02-31-13.html>. 10 กุมภาพันธ์, 2555.
- กรมควบคุมมลพิษ. “สถานการณ์มลพิษ”, Ministry of natural resource and environment. <http://www.pcd.go.th>. มีนาคม, 2550(ก).
- ______. “ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายเคมีภัณฑ์”, Chemical Data Bank. www.pcd.go.th 21 พฤษภาคม, 2550(ข).
- เดชา ฉัตรศิริเวช. วิศวกรรมเคมี. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.
- เดลินิวส์. “ประโยชน์จากการรังไนม-เรื่องน่ารู้”, เดลินิวส์ออนไลน์. <http://www.dailynews.co.th/Content/agriculture/36744/ประโยชน์จากการรังไนม-เรื่องน่ารู้.html>. 10 กุมภาพันธ์, 2556.
- ธนากร สุ่นมาศย์. “วิธีลอกการไนม”, การลอกหาวน้ำมีหลายวิธี. http://exchem.blogspot.com/2010/05/blog-post_03.html. 3 พฤษภาคม, 2553.
- ประชิราติ ศิริพรหม, เจนจิรา มาดี และดวงใจ รินทา. การพัฒนาการเตรียมแผ่นกรองไนมไฟฟ้าร้อนเพื่อบำบัดอนุภาคสารในอากาศในระดับห้องจำลอง. โครงการศึกษาปริมาณวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.
- ปฐพร ตวิยาประกิต. “ประโยชน์ของไททาเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide : TiO₂)”, อนุภาคนาโน. <http://www.gotoknow.org/posts/547457>. สิงหาคม, 2555.
- มัชชาดา ไทร. “ข้อมูลผ้าไนม”, ประวัติไนม. <http://muchada.brinkster.net/silkdata.asp>. 2 พฤษภาคม, 2555.
- มหาวิทยาลัยลักษณ์. “กระบวนการ Photocatalytic”, หลักการของปฏิกิริยาไฟโตเคตาไลซิส. <http://sichon.wu.ac.th/file/envi-shh-20090110-112240-pwrqR.pdf>. 10 มกราคม, 2552.
- มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. “หลักการ ทฤษฎี และเหตุผล”, ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับไทเทเนียมไดออกไซด์. http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2551/phys0751py_ch2.pdf. 10 กุมภาพันธ์, 2556.
- วิกิพีเดีย. “การ์บอนมอนอกไซด์”, สารานุกรมเสรี. <http://th.wikipedia.org/wiki/การ์บอนมอนอกไซด์>. 15 มีนาคม, 2555.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- วิภาดา สนองรายภร์ และ วิภาวดี ข่าวิจตร. “มลพิษทางอากาศภายในอาคารผลกระทบต่อมนุษย์และวิธีการป้องกัน”, Thai Environmental Engineering Magazine. 1(6): 33-36 ; พฤศจิกายน-ธันวาคม, 2547.
- ศรัณญา ทองอุ่น. การบำบัดคาร์บอนมอนอกไซด์ในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง โดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2555.
- Nanayo. “ประโยชน์ของนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์”, ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขอนามัยและสิ่งแวดล้อม ปลอดกับ ปลอดโรค ปลอดกลืน. <http://www.nanoyothai.com/1294190/ประโยชน์ของ-nano-tio2>. 2 มกราคม, 2556.
- Herrmann, J. M. “Photocatalysis fundamentals revisited to avoid several misconceptions”, Applied Catalysis B: Environmental. 99(3-4): 461-468; September, 2010.
- Linsebigier, A.L., Lu, G. and Yates Jr, J.T. “Photocatalysis on TiO₂ surfaces: Principle, Mechanisms and Selected Results”, Chemical Review. 95(3): 735-758, 1995.
- Litter, M.I. “Review Heterogeneous photocatalysis transition metal ions in photocatalytic systems”, Applied catalysis B: Environmental. 23(2-3): 89-114; November, 1999.
- OK Nation.net. “แบบว่าอย่างไรเรื่องไห่ม”, wangzhiwituonghaiem. <http://www.oknation.net/blog/print.php?id=160046>. พฤศจิกายน, 2550.
- Orange Innovation. “กําชาร์บอนมอนอกไซด์”, Gas article. <http://www.orangeth.com/GasArticles/Carbon-Monoxide-กําชาร์บอนมอนอกไซด์.html>. 12 มีนาคม, 2554.
- SACICT. “ความรู้เกี่ยวกับผ้าไห่ม”, ทฤษฎีเกี่ยวกับการลอกกาขาว-ข้อมูลสีไห่ม. http://www.elibrary.sacict.net/upload/file_knowledge/handicraft/Silk/silk2.pdf. 2 กุมภาพันธ์, 2555.
- Thaigoodview. “wangzhiwituonghaiem”, ไห่มมีการเจริญเติบโต 4 ระยะ. <http://www.thaigoodview.com/node/116287>. 1 มีนาคม, 2554.
- University of Colorado. “ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO₂)”, โครงสร้างผลึกของไทเทเนียม บรรยาย. <http://ruby.colorado.edu/~smyth/min/tio2.html>. 10 พฤษภาคม, 2555.

ภาคพนังก

ภาคผนวก ก

การใช้เครื่องวัดกําชการ์บอนมอนอกไซด์ รุ่น CO-220

การใช้เครื่องวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ รุ่น CO-220

CO-220 Carbon Monoxide Meter (มิเตอร์สำหรับการตรวจหา ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกอุปกรณ์นี้ว่า “มิเตอร์”) จะตรวจหาว่ามีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) หรือไม่ และจะวัดความเข้มข้นของก๊าช CO ระหว่าง 1-1000 ppm (เรียกว่าเป็น parts/million – ppm) มิเตอร์จะบ่งชี้ให้เห็นถึงสภาพการมีก๊าช CO สองวิธีดังนี้ :

- บ่งชี้ด้วยค่าอ่านบน LCD (Liquid Crystal Display) โดยอ่านค่าเป็น ppm
- บ่งชี้ด้วยการส่งเสียงสัญญาณเตือน

1. ข้อมูลเพื่อความปลอดภัย – โปรดอ่านก่อนใช้อุปกรณ์

- อ่านให้แน่ใจว่าเป็นเครื่องสำหรับเพื่อความปลอดภัยส่วนบุคคล
- เรียนรู้และทราบได้ถึงผลกระทบที่เกิดจากพิษของก๊าช CO

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลเพื่อความปลอดภัย

0-1 ppm	ระดับพื้นหลังโดยปกติ
9 ppm	ความเข้มข้นสูงสุดตามมาตรฐาน ASHRAE 62-1989 ในบริเวณที่ผู้คนอยู่อาศัย
50 ppm	ระดับเฉลี่ยเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน OSHA ที่ผู้คนจะรับได้ในสถานที่ปิด
100 ppm	ระดับขีดจำกัดสูงสุดที่มีได้ ตามมาตรฐาน OSHA
200 ppm	ทำให้มีอาการปวดศรีษะเล็กน้อย เหนื่อยล้า คลื่นไส้ และ วิงเวียนศีรษะหรือมึนงง
800 ppm	วิงเวียนศีรษะ คลื่นไส้หนา Jefferson ชักกระตุก เสียชีวิตภายในเวลา 2 ถึง 3 ชั่วโมง

ข้อกำหนด 1917.24 ของสำนักงานเพื่อสุขภาพและความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน ของสหรัฐฯ (U.S. Department of Labor Occupational Safety & Health Administration -OSHA) กำหนดให้รักษาระดับก๊าช CO ในบรรยากาศในสถานที่ห้องห้ามที่ปิดมิดชิดโดย ให้ไม่เกินกว่า

50 ppm (0.005%) หากมีก๊าซ CO เกินกว่า 100 ppm (0.01%) ให้ໂຍກຫ້າຍຜູ້ຄນອອກໄປຈາກບຣິວເພ
ທີ່ປົດນັ້ນ

2. การทำงานของມືເຕອຮ໌

ມືເຕອຮ໌ຈະແສດງຄໍາອ່ານນີ້ LCD ແລະ ໂດຍການສ່າງເສີຍສ້າງສູງສາມາດ

ຄໍາອ່ານທີ່ສູງກວ່າ 1000 ppm ຈະແສດງນີ້ LCD ວ່າ “OL” ຜຶ້ງໝາຍດື່ງສກາພທີ່ເກີນພົກັດ
ເຄື່ອງສ່າງເສີຍສ້າງສູງສາມາດຈະທຳງານຄ້າຍກັບເຄື່ອງນັບໄກເກອຮ໌ (Geiger) ຄື່ອ :

- ຍັງມີ CO ໃນບານາດເຂັ້ມຂັ້ນເທົ່າໄດ້ ເສີຍສ້າງສູງສາມາດຈະດັ່ງຄື່ນຳກັບເຂັ້ນເທົ່ານັ້ນ
- ພາຍໃນຄໍາສູງເກີນ 200 ppm ເສີຍສ້າງສູງສາມາດຈະດັ່ງອ່າງຕ່ອນເນື່ອງ ໂດຍຈະສ່າງເສີຍຄື່ນຳຕາມ
ຄວາມເຂັ້ມຂັ້ນຂອງ CO

3. ການເປີດມືເຕອຮ໌

ໄສ່ແບຕເຕອຮ໌ເຂົ້າທີ່ມືເຕອຮ໌ (ໂປຣດຸ “ກາຣຕິດຕັ້ງແລະກາຣເປີ່ຍນແບຕເຕອຮ໌”) ເປີດມືເຕອຮ໌
ໂດຍກົດທີ່ປຸ່ນສີເຂົ້າ

ມືເຕອຮ໌ຈະສ່າງເສີຍສ້າງສູງສາມາດສອງຄົງ ແລະ ທຳກາຣທົດສອບຕົນເອງໃນຮະຫວ່າງທີ່ກຳ
ກຳທົດສອບ ຈອແສດງຜລຈະນັບຄອຍຫລັງຈາກ 10 ລົງໄປລົງ 0 ໂດຍສ່າງເສີຍເປັນສອງຕອນໆ ລະສອງຄົງ
ຕາມດ້ວຍກາຮຢຸດພັກຍາວໜຶ່ງຄົງ

หากມືເຕອຮ໌ຜ່ານກາຣຕຽບສອບຕົນເອງໄດ້ເຮັບຮ້ອຍກີ່ຈະເຮີ່ມຕຽບຈັບຫາກໍາຊີ້າ ໂດຍຈະແສດງ
ໃຫ້ການໄດ້ດ້ວຍການສ່າງເສີຍທີ່ນຶ່ງຄົງທຸກໆ ສອງວິນາທີແລະແສດງຄໍາອ່ານນີ້ຈອດແສດງຜລ

4. ກາຣທົດສອບຕົນເອງຂອງອຸປະກອດ

ມືເຕອຮ໌ຈະທຳກາຣທົດສອບເຄື່ອງຕຽບຈັບຫາກໍາຊີ້າ (ເຈັ້ນເຊື່ອຮ໌) ແລະ ແບຕເຕອຮ໌ທຸກຄົງທີ່ຖຸກເປີດແລະເປົ້າ
ຕຽບມີແບຕເຕອຮ໌ຕ່ອງໄປອ່າງຕ່ອນເນື່ອງ ພາຍໃນມືເຕອຮ໌ຈະສ່າງເສີຍສ້າງສູງສາມາດຮູ່ແບຕເຕອຮ໌ປາກູ້ຂຶ້ນ
ນີ້ LCD (Liquid Crystal Display)

ກາຣທົດສອບຕົນເອງຈະສ່າງເສີຍສ້າງສູງສາມາດເປັນຕອນໆ ຕອນລະຫ້າຄົງຕາມດ້ວຍກາຮຢຸດພັກຍາວ
ທີ່ນຶ່ງຄົງ ແລະ ຈະສ່າງເສີຍຄົງຕອນລະຫ້າຄົງອີກ ແລ້ວມືເຕອຮ໌ຈະປົດໄປເອງ

หลังจากได้เปลี่ยนแบตเตอรี่แล้ว หากยังมีสัญญาณเตือนอยู่ แสดงว่าเครื่องตรวจรู้อาจล้มเหลว หรือไม่ทำงาน ให้คิดต่อศูนย์บริการที่ได้รับการแต่งตั้งของฟลุ๊ก เพื่อขอข้อมูลในการเปลี่ยนเครื่องตรวจรู้ใหม่

5. การกำหนดค่าพื้นฐาน

ก่อนการตรวจหาแก๊ซ CO ให้กำหนดค่าพื้นฐานที่มิเตอร์จะต้องทำการเปรียบเทียบ กับสิ่งแวดล้อมต่างๆ

ทั้งนี้ โดยการเปิดมิเตอร์หากมิเตอร์ตรวจพบค่าการมีแก๊ซ CO เป็น 0-3 ppm เครื่องส่งสัญญาณจะมีเสียง และมิเตอร์จะกำหนดค่าที่เป็นค่าพื้นฐานใหม่

หากมิเตอร์ตรวจพบว่ามีแก๊ซ CO อยู่มากกว่า 3 ppm มิเตอร์จะไม่ทำการปรับค่าไปที่ค่าพื้นฐานใหม่ แต่จะเริ่มวัดค่าและอ่านค่าแก๊ซ CO ที่ตรวจพบ

6. การเก็บค่าอ่านสูงสุดเอาไว้ (Max/Hold)

ในโหมดของ Max/Hold มิเตอร์จะเก็บค่าอ่านระดับสูงสุดของ CO ที่ตรวจพบได้อาไว้ ในโหมดการทำงานแบบนี้มิเตอร์จะตรวจหาระดับของ CO ไปอย่างต่อเนื่องโดยจะแสดงให้ทราบ โดยการส่งเสียงสัญญาณ พร้อมกับแสดงค่าบน LCD แต่เฉพาะค่าสูงสุดของ CO ที่ตรวจพบ

ในการทำให้โหมด Max/Hold ทำงานหรือไม่ทำงาน ให้กดที่ปุ่ม MAX เครื่องส่งสัญญาณจะดังแบบสั่นๆ สองครั้ง เมื่อโหมดนี้ได้รับคำสั่งให้ทำงานหรือให้ไม่ทำงาน ในขณะที่โหมด Max/Hold ทำงานจะมีคำว่า “MAX” และคงขึ้นที่ LCD

7. แสดงสว่างจากด้านหลังโดยอัตโนมัติ

หากมีแสงสว่างโดยรอบมิเตอร์น้อย (ทำให้ดู LCD ได้ยาก) ไฟฟ้าด้านหลังของ LCD จะเปิดสว่างขึ้นโดยอัตโนมัติ ไฟฟ้านี้จะปิดไปเองเมื่อมีแสงสว่างพอ

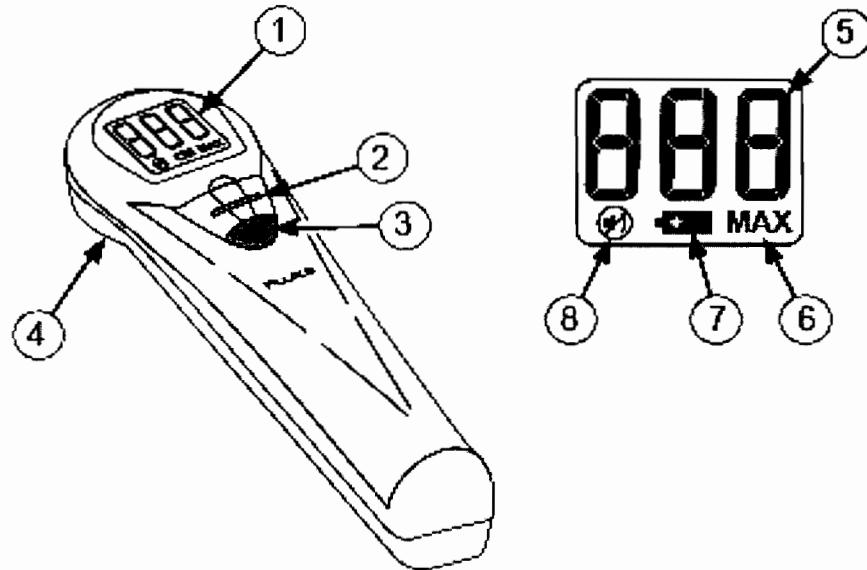
8. การปิดไปเองโดยอัตโนมัติ

มิเตอร์จะปิดไปเองโดยอัตโนมัติหลังจากเปิดทิ้งไว้เป็นเวลานาน 20 นาที

9. การทำให้เครื่องส่งสัญญาณไม่ส่งเสียง

ในการทำให้เครื่องส่งสัญญาณเงียบไม่ส่งเสียง ให้กดที่สวิทช์ปิด/เปิดค้างไว้เป็นเวลา นานกว่า 2 วินาที ในขณะที่ท่านเปิดอุปกรณ์

ในการทำให้เครื่องส่งสัญญาณกลับทำงานตามปกติ ให้ปิดมิเตอร์แล้วเปิดใหม่อีกครั้ง



ภาพที่ ก.1 ส่วนประกอบของมิเตอร์ตรวจหาแก๊ส CO–Fluke CO-220

10. ส่วนประกอบของมิเตอร์ตรวจหาแก๊ส CO–Fluke CO-220

10.1 LCD (Liquid Crystal Display)

10.2 ปุ่ม Max/Hold

10.3 ปุ่ม เปิด/ปิด

10.4 เครื่องตรวจแก๊ส (Fluke PN 689497)

10.5 การอ่านค่าดิจิตอลเป็นส่วน/ล้าน (parts/million – ppm)

10.6 โหมด Max/Hold (แสดงค่าสูงสุดที่ตรวจพบและอ่านได้)

10.7 ตัวบ่งชี้ว่าระดับไฟในแบบเตอร์ต่า

10.8 เครื่องส่งเสียงสัญญาณฉุกเฉิน

11. ข้อมูลจำเพาะ :

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องวัดกําชการ์บอนมอนอกไซด์รุ่น Fluke CO-220

อุณหภูมิ	
ในขณะทำงาน :	0 °C ถึง + 50 °C
ในขณะที่เก็บไว้:	-30 °C ถึง + 50 °C
ความชื้นในขณะทำงาน (ไม่มีน้ำค้าง)	
< 3 อาทิตย์	0 ถึง 99% ความชื้นสัมพัทธ์
> 3 อาทิตย์	0 ถึง 90% ความชื้นสัมพัทธ์
พิกัดในการวัด	0 ถึง 1000 ppm
ความละเอียดในการวัด	1 ppm สำหรับ 0 – 200 ppm 5 ppm สำหรับ 200 – 1000 ppm
ความแม่นยำ	5 % หรือ ± 2 ppm (ค่าในค่าหนึ่งที่สูงกว่า)
ประเภทของเครื่องตรวจรู้ (เชื้อเชอร์)	ไฟฟ้าเคมีที่ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนไป เจาะจงเฉพาะกําช (CO)
อายุการใช้งานทั่วไปของเครื่องตรวจรู้	3 ปี
สัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิ	เพิ่ม 0.4 % ต่อ °C เมื่อสูงกว่า 25 °C เพิ่ม 0.6 % ต่อ °C เมื่อสูงกว่า 20 °C
การทดสอบทนของอุปกรณ์	< 20 วินาที
แบตเตอรี่	9 V, NEDA 1604A หรือ IEC 6LR61
อายุการใช้งานโดยทั่วไปของแบตเตอรี่	500 ชั่วโมง
การรับรองมาตรฐาน	CIE

ภาคผนวก ข
ผลการทดสอบ

**ตารางที่ ช.1 ประสิทธิภาพการนำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไหมที่ไม่เคลือบ
ไฟฟานียมไดออกไซด์ และไม่เปิดแสง UV – C 100 ppm**

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	114	1	115	1	1±0
10	108	0.947368421	112	0.973913043	0.960640732±0.018769883
20	102	0.894736842	108	0.939130435	0.916933638±0.03139101
30	97	0.850877193	103	0.895652174	0.873264683±0.031660693
40	92	0.807017544	100	0.869565217	0.838291381±0.044227884
50	87	0.763157895	98	0.852173913	0.807665904±0.06294383
60	82	0.719298246	95	0.826086957	0.772692601±0.075511022
70	74	0.649122807	89	0.773913043	0.711517925±0.088240022
80	66	0.578947368	85	0.739130435	0.659038902±0.113266532
90	64	0.561403509	81	0.704347826	0.632875667±0.101076896
100	60	0.526315789	76	0.660869565	0.593592677±0.095143887
110	59	0.51754386	72	0.626086957	0.571815408±0.07675156
120	56	0.49122807	67	0.582608696	0.536918383±0.06461586
130	56	0.49122807	67	0.582608696	0.536918383±0.06461586
140	56	0.49122807	67	0.582608696	0.536918383±0.06461586
150	54	0.473684211	63	0.547826087	0.510755149±0.052426224
160	54	0.473684211	63	0.547826087	0.510755149±0.052426224
170	55	0.48245614	63	0.547826087	0.515141114±0.046223533
180	52	0.456140351	60	0.52173913	0.488939741±0.046385342
190	52	0.456140351	60	0.52173913	0.488939741±0.046385342
200	52	0.456140351	58	0.504347826	0.480244088±0.034087833
210	50	0.438596491	55	0.47826087	0.45842868±0.028046951
220	50	0.438596491	55	0.47826087	0.45842868±0.028046951
230	51	0.447368421	55	0.47826087	0.462814645±0.02184426

ตารางที่ ๔.๑ ประสิทธิภาพการบำบัดกําชคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไวนท์ไม่เคลือบ
ไฟฟานียมไดออกไซด์ และไม่เปิดแสง UV – C 100 ppm (ต่อ)

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
240	50	0.438596491	52	0.452173913	$0.445385202 \pm 0.009600687$
250	49	0.429824561	48	0.417391304	$0.423607933 \pm 0.00879164$
260	49	0.429824561	48	0.417391304	$0.423607933 \pm 0.00879164$
270	48	0.421052632	45	0.391304348	$0.40617849 \pm 0.021035213$
280	47	0.412280702	45	0.391304348	$0.401792525 \pm 0.014832522$
290	47	0.412280702	43	0.373913043	$0.393096873 \pm 0.027130031$
300	47	0.412280702	43	0.373913043	$0.393096873 \pm 0.027130031$
310	45	0.394736842	43	0.373913043	$0.384324943 \pm 0.014724649$
320	45	0.394736842	40	0.347826087	$0.371281465 \pm 0.033170913$
330	45	0.394736842	40	0.347826087	$0.371281465 \pm 0.033170913$
340	43	0.377192982	40	0.347826087	$0.362509535 \pm 0.020765531$
350	43	0.377192982	40	0.347826087	$0.362509535 \pm 0.020765531$
360	43	0.377192982	38	0.330434783	$0.353813883 \pm 0.03306304$
370	44	0.385964912	38	0.330434783	$0.358199847 \pm 0.039265731$
380	43	0.377192982	38	0.330434783	$0.353813883 \pm 0.03306304$
390	43	0.377192982	38	0.330434783	$0.353813883 \pm 0.03306304$
400	43	0.377192982	38	0.330434783	$0.353813883 \pm 0.03306304$

ตารางที่ ข.2 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไนนท์ไม่เคลือบ
ไฟฟานียมไดออกไซด์ และไม่เปิดแสง UV – C 200 ppm

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	220	1	230	1	1±0
10	215	0.977272727	225	0.97826087	0.977766798±0.000698722
20	215	0.977272727	225	0.97826087	0.977766798±0.000698722
30	215	0.977272727	220	0.956521739	0.966897233±0.014673164
40	210	0.954545455	215	0.934782609	0.944664032±0.013974442
50	205	0.931818182	210	0.913043478	0.92243083±0.01327572
60	200	0.909090909	205	0.891304348	0.900197628±0.012576998
70	190	0.863636364	200	0.869565217	0.866600791±0.004192333
80	187	0.85	190	0.826086957	0.838043478±0.016909075
90	182	0.827272727	184	0.8	0.813636364±0.01928473
100	177	0.804545455	180	0.782608696	0.793577075±0.015511631
110	177	0.804545455	178	0.773913043	0.789229249±0.021660386
120	171	0.777272727	173	0.752173913	0.76472332±0.017747542
130	169	0.768181818	170	0.739130435	0.753656126±0.02054243
140	166	0.754545455	164	0.713043478	0.733794466±0.029346329
150	162	0.736363636	160	0.695652174	0.716007905±0.028787351
160	159	0.722727273	155	0.673913043	0.698320158±0.034516873
170	156	0.709090909	153	0.665217391	0.68715415±0.031023262
180	148	0.672727273	147	0.639130435	0.655928854±0.023756552
190	143	0.65	145	0.630434783	0.640217391±0.013834698
200	94	0.427272727	140	0.608695652	0.51798419±0.12828538
210	130	0.590909091	138	0.6	0.595454545±0.006428243
220	128	0.581818182	134	0.582608696	0.582213439±0.000558978
230	120	0.545454545	129	0.560869565	0.553162055±0.010900065

ตารางที่ ข.2 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไนท์ไม่เคลือบ ไฟฟานียมไดออกไซด์ และไม่เปิดแสง UV – C 200 ppm (ต่อ)

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
240	115	0.522727273	124	0.539130435	$0.530928854 \pm 0.011598787$
250	107	0.486363636	120	0.52173913	$0.504051383 \pm 0.025014252$
260	105	0.477272727	116	0.504347826	$0.490810277 \pm 0.019144986$
270	105	0.477272727	114	0.495652174	$0.486462451 \pm 0.012996231$
280	105	0.477272727	110	0.47826087	$0.477766798 \pm 0.000698722$
290	105	0.477272727	107	0.465217391	$0.471245059 \pm 0.00852441$
300	102	0.463636364	103	0.447826087	$0.455731225 \pm 0.011179554$
310	100	0.454545455	100	0.434782609	$0.444664032 \pm 0.013974442$
320	97	0.440909091	98	0.426086957	$0.433498024 \pm 0.010480832$
330	120	0.545454545	93	0.404347826	$0.474901186 \pm 0.099777518$
340	118	0.536363636	90	0.391304348	$0.463833992 \pm 0.102572407$
350	118	0.536363636	90	0.391304348	$0.463833992 \pm 0.102572407$
360	118	0.536363636	90	0.391304348	$0.463833992 \pm 0.102572407$
370	115	0.522727273	86	0.373913043	$0.448320158 \pm 0.105227551$
380	115	0.522727273	86	0.373913043	$0.448320158 \pm 0.105227551$
390	112	0.509090909	86	0.373913043	$0.441501976 \pm 0.095585185$
400	112	0.509090909	86	0.373913043	$0.441501976 \pm 0.095585185$

ตารางที่ ข.3 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไหนที่ไม่เคลือบ
ไททาเนียมไดออกไซด์ และไม่เปิดแสง UV – C 300 ppm

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	C _{CO} /C _{CO,0}	CO (ppm)	C _{CO} /C _{CO,0}	
0	295	1	330	1	1±0
10	300	1.016949153	330	1	1.008474576±0.011984861
20	310	1.050847458	330	1	1.025423729±0.035954582
30	320	1.084745763	315	0.954545455	1.019645609±0.092065521
40	330	1.118644068	315	0.954545455	1.036594761±0.116035242
50	340	1.152542373	315	0.954545455	1.053543914±0.140004964
60	340	1.152542373	310	0.939393939	1.045968156±0.150718703
70	335	1.13559322	310	0.939393939	1.03749358±0.138733842
80	330	1.118644068	310	0.939393939	1.029019004±0.126748981
90	320	1.084745763	305	0.924242424	1.004494093±0.113492999
100	315	1.06779661	305	0.924242424	0.996019517±0.101508138
110	315	1.06779661	305	0.924242424	0.996019517±0.101508138
120	310	1.050847458	305	0.924242424	0.987544941±0.089523278
130	305	1.033898305	305	0.924242424	0.979070365±0.077538417
140	300	1.016949153	300	0.909090909	0.963020031±0.076267295
150	295	1	300	0.909090909	0.954545455±0.064282435
160	295	1	300	0.909090909	0.954545455±0.064282435
170	290	0.983050847	295	0.893939394	0.938495121±0.063011313
180	285	0.966101695	295	0.893939394	0.930020544±0.051026452
190	285	0.966101695	290	0.878787879	0.922444787±0.061740191
200	280	0.949152542	290	0.878787879	0.913970211±0.049755331
210	275	0.93220339	290	0.878787879	0.905495634±0.03777047
220	270	0.915254237	285	0.863636364	0.8894453±0.036499348
230	260	0.881355932	280	0.848484848	0.86492039±0.023243366

ตารางที่ ข.3 ประสิทธิภาพการนำบัคก์ชาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไนมที่ไม่เคลือบ
ไฟฟานียมไคออกไซด์ และไม่เปิดแสง UV – C 300 ppm (ต่อ)

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
240	255	0.86440678	275	0.833333333	0.848870056±0.021972245
250	275	0.93220339	275	0.833333333	0.882768362±0.069911687
260	275	0.93220339	275	0.833333333	0.882768362±0.069911687
270	260	0.881355932	270	0.818181818	0.849768875±0.044670844
280	250	0.847457627	270	0.818181818	0.832819723±0.020701123
290	265	0.898305085	265	0.803030303	0.850667694±0.067369444
300	245	0.830508475	260	0.787878788	0.809193631±0.030143741
310	245	0.830508475	255	0.772727273	0.801617874±0.04085748
320	240	0.813559322	255	0.772727273	0.793143297±0.028872619
330	240	0.813559322	255	0.772727273	0.793143297±0.028872619
340	240	0.813559322	250	0.757575758	0.78556754±0.039586358
350	240	0.813559322	250	0.757575758	0.78556754±0.039586358
360	240	0.813559322	250	0.757575758	0.78556754±0.039586358
370	240	0.813559322	245	0.742424242	0.777991782±0.050300097
380	240	0.813559322	245	0.742424242	0.777991782±0.050300097
390	240	0.813559322	245	0.742424242	0.777991782±0.050300097
400	240	0.813559322	245	0.742424242	0.777991782±0.050300097

ตารางที่ ข.4 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไนท์ไม่เคลือบ
ไทยทานียม ไดออกไซด์ แต่เปิดแสง UV-C 100 ppm

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	115	1	120	1	1±0
10	118	1.026086957	115	0.958333333	0.992210145±0.047909046
20	118	1.026086957	115	0.958333333	0.992210145±0.047909046
30	115	1	110	0.916666667	0.958333333±0.058925565
40	115	1	110	0.916666667	0.958333333±0.058925565
50	115	1	110	0.916666667	0.958333333±0.058925565
60	113	0.982608696	110	0.916666667	0.949637681±0.046628056
70	113	0.982608696	108	0.9	0.941304348±0.058413169
80	111	0.965217391	108	0.9	0.932608696±0.04611566
90	110	0.956521739	105	0.875	0.91576087±0.057644575
100	110	0.956521739	105	0.875	0.91576087±0.057644575
110	110	0.956521739	103	0.858333333	0.907427536±0.069429688
120	108	0.939130435	103	0.858333333	0.898731884±0.057132178
130	105	0.913043478	103	0.858333333	0.885688406±0.038685914
140	102	0.886956522	98	0.816666667	0.851811594±0.049702433
150	102	0.886956522	98	0.816666667	0.851811594±0.049702433
160	99	0.860869565	96	0.8	0.830434783±0.043041282
170	99	0.860869565	96	0.8	0.830434783±0.043041282
180	97	0.843478261	96	0.8	0.82173913±0.030743773
190	95	0.826086957	93	0.775	0.800543478±0.036123933
200	95	0.826086957	93	0.775	0.800543478±0.036123933
210	93	0.808695652	93	0.775	0.791847826±0.023826424
220	92	0.8	90	0.75	0.775±0.035355339

ตารางที่ ข.4 ประสิทธิภาพการบាบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไหムที่ไม่เคลือบ
ไฟฟานียมไดออกไซด์ แต่เปิดแสง UV-C 100 ppm (ต่อ)

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
230	92	0.8	90	0.75	0.775 ± 0.035355339
240	92	0.8	90	0.75	0.775 ± 0.035355339
250	92	0.8	90	0.75	0.775 ± 0.035355339
260	92	0.8	89	0.741666667	$0.770833333 \pm 0.041247896$
270	92	0.8	89	0.741666667	$0.770833333 \pm 0.041247896$
280	89	0.773913043	89	0.741666667	$0.757789855 \pm 0.022801632$
290	89	0.773913043	85	0.708333333	$0.741123188 \pm 0.046371858$
300	89	0.773913043	86	0.716666667	$0.745289855 \pm 0.040479301$
310	88	0.765217391	86	0.716666667	$0.740942029 \pm 0.034330547$
320	87	0.756521739	86	0.716666667	$0.736594203 \pm 0.028181792$
330	87	0.756521739	84	0.7	$0.72826087 \pm 0.039966905$
340	87	0.756521739	84	0.7	$0.72826087 \pm 0.039966905$
350	87	0.756521739	84	0.7	$0.72826087 \pm 0.039966905$
360	87	0.756521739	84	0.7	$0.72826087 \pm 0.039966905$
370	87	0.756521739	80	0.666666667	$0.711594203 \pm 0.063537131$
380	86	0.747826087	80	0.666666667	$0.707246377 \pm 0.057388376$
390	84	0.730434783	80	0.666666667	$0.698550725 \pm 0.045090867$
400	84	0.730434783	80	0.666666667	$0.698550725 \pm 0.045090867$

ตารางที่ ๖.๕ ประสิทธิภาพการบำบัดกําชการอนโนนก็อกไชค์ โดยใช้แพ่นกรองไหนที่ไม่เคลื่อนไหวเนี่ยมไดออกไชค์ เต่าเปี๊คแสง UV-C 200 ppm

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	235	1	203	1	1±0
10	230	0.978723404	200	0.985221675	0.98197254±0.004594971
20	230	0.978723404	198	0.975369458	0.977046431±0.002371598
30	230	0.978723404	196	0.965517241	0.972120323±0.009338167
40	235	1	194	0.955665025	0.977832512±0.031349562
50	235	1	192	0.945812808	0.972906404±0.038316131
60	240	1.021276596	190	0.935960591	0.978618593±0.060327525
70	235	1	187	0.921182266	0.960591133±0.055732554
80	235	1	186	0.916256158	0.958128079±0.059215839
90	230	0.978723404	184	0.906403941	0.942563673±0.051137583
100	225	0.957446809	182	0.896551724	0.926999266±0.043059327
110	220	0.936170213	180	0.886699507	0.91143486±0.034981071
120	225	0.957446809	179	0.881773399	0.919610104±0.053509181
130	230	0.978723404	177	0.871921182	0.925322293±0.075520575
140	225	0.957446809	175	0.862068966	0.909757887±0.06744232
150	225	0.957446809	173	0.852216749	0.904831779±0.074408889
160	220	0.936170213	171	0.842364532	0.889267372±0.066330633
170	220	0.936170213	169	0.832512315	0.884341264±0.073297202
180	220	0.936170213	167	0.822660099	0.879415156±0.080263772
190	215	0.914893617	165	0.812807882	0.863850749±0.072185516
200	215	0.914893617	163	0.802955665	0.858924641±0.079152085
210	215	0.914893617	162	0.798029557	0.856461587±0.08263537
220	210	0.893617021	161	0.793103448	0.843360235±0.071073829
230	210	0.893617021	160	0.78817734	0.840897181±0.074557114

ตารางที่ ข.5 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนอนออกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไหมที่ไม่เคลือบ
ไฟฟานียมไดออกไซด์ แต่เปิดแสง UV-C 200 ppm

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
240	210	0.893617021	159	0.783251232	$0.838434126 \pm 0.078040398$
250	200	0.85106383	157	0.773399015	$0.812231422 \pm 0.054917317$
260	200	0.85106383	153	0.753694581	$0.802379206 \pm 0.068850456$
270	197	0.838297872	149	0.733990148	$0.78614401 \pm 0.073756699$
280	196	0.834042553	146	0.719211823	$0.776627188 \pm 0.081197588$
290	195	0.829787234	142	0.699507389	$0.764647312 \pm 0.092121762$
300	195	0.829787234	136	0.669950739	$0.749868986 \pm 0.11302147$
310	192	0.817021277	134	0.660098522	$0.738559899 \pm 0.110961144$
320	192	0.817021277	131	0.645320197	$0.731170737 \pm 0.121410998$
330	189	0.804255319	129	0.63546798	$0.71986165 \pm 0.119350672$
340	189	0.804255319	129	0.63546798	$0.71986165 \pm 0.119350672$
350	187	0.795744681	128	0.630541872	$0.713143276 \pm 0.116816026$
360	187	0.795744681	125	0.615763547	$0.705754114 \pm 0.12726588$
370	184	0.782978723	125	0.615763547	$0.699371135 \pm 0.118238985$
380	182	0.774468085	123	0.60591133	$0.690189708 \pm 0.119187625$
390	182	0.774468085	120	0.591133005	$0.682800545 \pm 0.129637478$
400	179	0.761702128	120	0.591133005	$0.676417566 \pm 0.120610583$

ตารางที่ ข.6 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไหนที่ไม่เคลือบ
ไฟฟานียมไดออกไซด์ แต่เปิดแสง UV-C 300 ppm

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	330	1	315	1	1±0
10	315	0.954545455	310	0.984126984	0.969336219±0.0209173
20	295	0.893939394	300	0.952380952	0.923160173±0.041324422
30	280	0.848484848	295	0.936507937	0.892496392±0.062241722
40	275	0.833333333	285	0.904761905	0.869047619±0.050507627
50	275	0.833333333	280	0.888888889	0.861111111±0.03928371
60	265	0.803030303	270	0.857142857	0.83008658±0.038263354
70	260	0.787878788	265	0.841269841	0.814574315±0.037753176
80	265	0.803030303	260	0.825396825	0.814213564±0.01581552
90	260	0.787878788	250	0.793650794	0.790764791±0.004081424
100	255	0.772727273	245	0.777777778	0.775252525±0.003571246
110	250	0.757575758	240	0.761904762	0.75974026±0.003061068
120	245	0.742424242	235	0.746031746	0.744227994±0.00255089
130	235	0.712121212	230	0.73015873	0.721139971±0.012754451
140	230	0.696969697	225	0.714285714	0.705627706±0.012244273
150	225	0.681818182	225	0.714285714	0.698051948±0.022958012
160	220	0.666666667	220	0.698412698	0.682539683±0.022447834
170	215	0.651515152	215	0.682539683	0.667027417±0.021937656
180	215	0.651515152	210	0.666666667	0.659090909±0.010713739
190	210	0.636363636	205	0.650793651	0.643578644±0.010203561
200	210	0.636363636	205	0.650793651	0.643578644±0.010203561
210	210	0.636363636	200	0.634920635	0.635642136±0.001020356
220	205	0.621212121	197	0.625396825	0.623304473±0.002959033
230	205	0.621212121	195	0.619047619	0.62012987±0.001530534

ตารางที่ ข.6 ประสิทธิภาพการนำบัดก้าชคาร์บอนอนออกไซด์ โดยใช้แผ่นกรองไนท์ไม่เคลือบ
ไฟฟานียน์ไดออกไซด์ แต่เปิดแสง UV-C 300 ppm

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
240	205	0.621212121	190	0.603174603	$0.612193362 \pm 0.012754451$
250	200	0.606060606	186	0.59047619	$0.598268398 \pm 0.011019846$
260	200	0.606060606	186	0.59047619	$0.598268398 \pm 0.011019846$
270	200	0.606060606	182	0.577777778	$0.591919192 \pm 0.01999898$
280	200	0.606060606	175	0.555555556	$0.580808081 \pm 0.035712464$
290	197	0.596969697	170	0.53968254	$0.568326118 \pm 0.040508137$
300	197	0.596969697	164	0.520634921	$0.558802309 \pm 0.053976838$
310	197	0.596969697	159	0.504761905	$0.550865801 \pm 0.065200755$
320	195	0.590909091	156	0.495238095	$0.543073593 \pm 0.06764961$
330	193	0.584848485	153	0.485714286	$0.535281385 \pm 0.070098464$
340	189	0.572727273	148	0.46984127	$0.521284271 \pm 0.07275139$
350	193	0.584848485	145	0.46031746	$0.522582973 \pm 0.088056732$
360	193	0.584848485	139	0.441269841	$0.513059163 \pm 0.101525433$
370	194	0.587878788	136	0.431746032	$0.50981241 \pm 0.110402531$
380	190	0.575757576	131	0.415873016	$0.495815296 \pm 0.113055457$
390	187	0.566666667	127	0.403174603	$0.484920635 \pm 0.115606347$
400	184	0.557575758	125	0.396825397	$0.477200577 \pm 0.11366767$

ตารางที่ ข.7 ประสิทธิภาพการนำบัคก้าซาร์บอนอนออกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น

ประมาณ 100 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนโตรสกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต
ที่เคลือบด้วยไฟฟานียมไดออกไซด์ 1% โดยน้ำหนักของสารละลาย

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	115	1	100	1	1±0
10	110	0.956521739	97	0.97	0.96326087±0.00953057
20	103	0.895652174	94	0.94	0.917826087±0.031358649
30	98	0.852173913	92	0.92	0.886086957±0.047960286
40	95	0.826086957	90	0.9	0.863043478±0.052264414
50	93	0.808695652	89	0.89	0.849347826±0.057490856
60	90	0.782608696	87	0.87	0.826304348±0.061794984
70	88	0.765217391	84	0.84	0.802608696±0.05287929
80	85	0.739130435	82	0.82	0.779565217±0.057183418
90	85	0.739130435	82	0.82	0.779565217±0.057183418
100	83	0.72173913	79	0.79	0.755869565±0.048267724
110	80	0.695652174	76	0.76	0.727826087±0.045500784
120	77	0.669565217	74	0.74	0.704782609±0.049804912
130	73	0.634782609	74	0.74	0.687391304±0.074399931
140	73	0.634782609	74	0.74	0.687391304±0.074399931
150	73	0.634782609	71	0.71	0.672391304±0.053186727
160	70	0.608695652	69	0.69	0.649347826±0.057490856
170	70	0.608695652	66	0.66	0.634347826±0.036277652
180	68	0.591304348	64	0.64	0.615652174±0.034433026
190	68	0.591304348	64	0.64	0.615652174±0.034433026
200	65	0.565217391	61	0.61	0.587608696±0.031666086
210	63	0.547826087	59	0.59	0.568913043±0.02982146
220	60	0.52173913	56	0.56	0.540869565±0.02705452

ตารางที่ ข.7 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 100 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนท์สักดัดด้วยสารละลายน้ำเดี่ยมคาร์บอนเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 1% โดยนำหนักของสารละลายน้ำ (ต่อ)

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
230	60	0.52173913	53	0.53	$0.525869565 \pm 0.005841317$
240	58	0.504347826	53	0.53	$0.517173913 \pm 0.018138826$
250	55	0.47826087	51	0.51	$0.494130435 \pm 0.022442954$
260	52	0.452173913	48	0.48	$0.466086957 \pm 0.019676015$
270	50	0.434782609	48	0.48	$0.457391304 \pm 0.031973524$
280	49	0.426086957	48	0.48	$0.453043478 \pm 0.038122279$
290	49	0.426086957	46	0.46	$0.443043478 \pm 0.023980143$
300	49	0.426086957	46	0.46	$0.443043478 \pm 0.023980143$
310	46	0.4	43	0.43	0.415 ± 0.021213203
320	44	0.382608696	42	0.42	$0.401304348 \pm 0.026439645$
330	40	0.347826087	41	0.41	$0.378913043 \pm 0.043963596$
340	40	0.347826087	38	0.38	$0.363913043 \pm 0.022750392$
350	39	0.339130435	38	0.38	$0.359565217 \pm 0.028899147$
360	37	0.32173913	36	0.36	$0.340869565 \pm 0.02705452$
370	37	0.32173913	35	0.35	$0.335869565 \pm 0.019983453$
380	35	0.304347826	33	0.33	$0.317173913 \pm 0.018138826$
390	35	0.304347826	33	0.33	$0.317173913 \pm 0.018138826$
400	35	0.304347826	30	0.3	$0.302173913 \pm 0.003074377$

ตารางที่ ข.8 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น

ประมาณ 100 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนท์สักคัลด์วายสารละลายโซเดียมคาร์บอนเนต
ที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 2.5% โดยนำหนักของสารละลาย

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	115	1	130	1	1±0
10	110	0.956521739	127	0.976923077	0.966722408±0.014425924
20	107	0.930434783	121	0.930769231	0.930602007±0.000236491
30	102	0.886956522	117	0.9	0.893478261±0.009223132
40	100	0.869565217	111	0.853846154	0.861705686±0.011115056
50	94	0.817391304	102	0.784615385	0.801003344±0.023176075
60	92	0.8	97	0.746153846	0.773076923±0.038074981
70	87	0.756521739	91	0.7	0.72826087±0.039966905
80	82	0.713043478	84	0.646153846	0.679598662±0.047298112
90	79	0.686956522	79	0.607692308	0.647324415±0.056048263
100	74	0.643478261	74	0.569230769	0.606354515±0.052500905
110	71	0.617391304	71	0.546153846	0.581772575±0.05037249
120	66	0.573913043	66	0.507692308	0.540802676±0.046825131
130	64	0.556521739	61	0.469230769	0.512876254±0.061724037
140	61	0.530434783	56	0.430769231	0.480602007±0.070474188
150	59	0.513043478	52	0.4	0.456521739±0.07993381
160	56	0.486956522	48	0.369230769	0.428093645±0.083244678
170	52	0.452173913	48	0.369230769	0.410702341±0.058649659
180	48	0.417391304	43	0.330769231	0.374080268±0.061251056
190	46	0.4	41	0.315384615	0.357692308±0.059832112
200	43	0.373913043	38	0.292307692	0.333110368±0.057703697
210	41	0.356521739	35	0.269230769	0.312876254±0.061724037
220	41	0.356521739	33	0.253846154	0.305183946±0.072602603

ตารางที่ ข.8 ประสิทธิภาพการนำบัดก๊าซคาร์บอนอนออกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 100 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนท์สักด้วยสารละลายน้ำเดือนคาร์บอนเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 2.5% โดยนำหนักของสารละลายน้ำ (ต่อ)

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
230	38	0.330434783	30	0.230769231	0.280602007±0.070474188
240	35	0.304347826	28	0.215384615	0.259866221±0.06290649
250	35	0.304347826	25	0.192307692	0.248327759±0.079224338
260	33	0.286956522	23	0.176923077	0.231939799±0.077805395
270	30	0.260869565	23	0.176923077	0.218896321±0.059359131
280	28	0.243478261	23	0.176923077	0.210200669±0.047061622
290	25	0.217391304	20	0.153846154	0.185618729±0.044933207
300	25	0.217391304	19	0.146153846	0.181772575±0.05037249
310	23	0.2	17	0.130769231	0.165384615±0.048953546
320	20	0.173913043	16	0.123076923	0.148494983±0.035946565
330	16	0.139130435	15	0.115384615	0.127257525±0.01679083
340	16	0.139130435	13	0.1	0.119565217±0.027669396
350	13	0.113043478	12	0.092307692	0.102675585±0.014662415
360	10	0.086956522	12	0.092307692	0.089632107±0.003783849
370	10	0.086956522	10	0.076923077	0.081939799±0.007094717
380	10	0.086956522	10	0.076923077	0.081939799±0.007094717
390	10	0.086956522	10	0.076923077	0.081939799±0.007094717
400	10	0.086956522	10	0.076923077	0.081939799±0.007094717

ตารางที่ ข.9 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 100 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนท์ที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ที่เคลือบด้วยไฟฟานีบมไดออกไซด์ 5% โดยนำหนักของสารละลาย

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	120	1	105	1	1±0
10	115	0.958333333	102	0.971428571	0.964880952±0.009259732
20	110	0.916666667	100	0.952380952	0.93452381±0.025253814
30	100	0.833333333	97	0.923809524	0.878571429±0.063976328
40	98	0.816666667	94	0.895238095	0.855952381±0.05555839
50	95	0.791666667	93	0.885714286	0.838690476±0.066501709
60	90	0.75	92	0.876190476	0.813095238±0.089230141
70	86	0.716666667	89	0.847619048	0.782142857±0.092597317
80	84	0.7	87	0.828571429	0.764285714±0.090913729
90	84	0.7	87	0.828571429	0.764285714±0.090913729
100	83	0.691666667	84	0.8	0.745833333±0.076603235
110	80	0.666666667	82	0.780952381	0.723809524±0.080812204
120	78	0.65	79	0.752380952	0.701190476±0.072394266
130	75	0.625	76	0.723809524	0.674404762±0.069868884
140	75	0.625	74	0.704761905	0.664880952±0.056400184
150	73	0.608333333	71	0.676190476	0.642261905±0.047982246
160	70	0.583333333	69	0.657142857	0.620238095±0.052191215
170	68	0.566666667	66	0.628571429	0.597619048±0.043773277
180	65	0.541666667	64	0.60952381	0.575595238±0.047982246
190	60	0.5	61	0.580952381	0.54047619±0.057241978
200	57	0.475	59	0.561904762	0.518452381±0.061450946
210	54	0.45	59	0.561904762	0.505952381±0.079128616
220	51	0.425	50	0.476190476	0.450595238±0.036197133

ตารางที่ ข.9 ประสิทธิภาพการนำบัดก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 100 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนมที่สักด้วยสารละลายน้ำมันเครื่อง 5% โดยนำหักของสารละลายน้ำมันเครื่อง (ต่อ)

Time (min)	การทดสอบครั้งที่ 1		การทดสอบครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
230	45	0.375	42	0.4	0.3875 ± 0.01767767
240	42	0.35	38	0.361904762	$0.355952381 \pm 0.008417938$
250	36	0.3	31	0.295238095	$0.297619048 \pm 0.003367175$
260	30	0.25	27	0.257142857	$0.253571429 \pm 0.005050763$
270	29	0.241666667	25	0.238095238	$0.239880952 \pm 0.002525381$
280	25	0.208333333	19	0.180952381	$0.194642857 \pm 0.019361257$
290	20	0.166666667	15	0.142857143	$0.154761905 \pm 0.016835876$
300	20	0.166666667	15	0.142857143	$0.154761905 \pm 0.016835876$
310	17	0.141666667	15	0.142857143	$0.142261905 \pm 0.000841794$
320	15	0.125	12	0.114285714	$0.119642857 \pm 0.007576144$
330	12	0.1	12	0.114285714	$0.107142857 \pm 0.010101525$
340	11	0.091666667	12	0.114285714	$0.10297619 \pm 0.015994082$
350	10	0.083333333	10	0.095238095	$0.089285714 \pm 0.008417938$
360	10	0.083333333	10	0.095238095	$0.089285714 \pm 0.008417938$
370	10	0.083333333	10	0.095238095	$0.089285714 \pm 0.008417938$
380	10	0.083333333	10	0.095238095	$0.089285714 \pm 0.008417938$
390	10	0.083333333	10	0.095238095	$0.089285714 \pm 0.008417938$
400	10	0.083333333	10	0.095238095	$0.089285714 \pm 0.008417938$

ตารางที่ ข.10 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น

ประมาณ 100 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนมที่สักด้วยสารละลายน้ำเดี่ยมคาร์บอนเนต
ที่เคลือบด้วยไฟฟานียมไดออกไซด์ 7.5% โดยนำหนักของสารละลายน้ำ

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	105	1	112	1	1±0
10	100	0.952380952	94	0.839285714	0.895833333±0.07997041
20	95	0.904761905	92	0.821428571	0.863095238±0.058925565
30	92	0.876190476	90	0.803571429	0.839880952±0.051349421
40	87	0.828571429	89	0.794642857	0.811607143±0.023991123
50	87	0.828571429	87	0.776785714	0.802678571±0.03661803
60	82	0.780952381	87	0.776785714	0.778869048±0.002946278
70	76	0.723809524	84	0.75	0.736904762±0.018519463
80	74	0.704761905	82	0.732142857	0.718452381±0.019361257
90	74	0.704761905	82	0.732142857	0.718452381±0.019361257
100	69	0.657142857	82	0.732142857	0.694642857±0.053033009
110	66	0.628571429	82	0.732142857	0.680357143±0.073236059
120	64	0.60952381	82	0.732142857	0.670833333±0.08670476
130	61	0.580952381	79	0.705357143	0.643154762±0.087967451
140	59	0.561904762	76	0.678571429	0.620238095±0.082495791
150	55	0.523809524	74	0.660714286	0.592261905±0.096806286
160	53	0.504761905	74	0.660714286	0.582738095±0.110274986
170	51	0.485714286	71	0.633928571	0.559821429±0.104803326
180	48	0.457142857	66	0.589285714	0.523214286±0.09343911
190	48	0.457142857	64	0.571428571	0.514285714±0.080812204
200	46	0.438095238	61	0.544642857	0.491369048±0.075340544
210	43	0.40952381	61	0.544642857	0.477083333±0.095543595
220	41	0.39047619	56	0.5	0.445238095±0.077445028

ตารางที่ ข.10 ประสิทธิภาพการนำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 100 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนมที่สักด้วยสารละลายน้ำเดี่ยมคาร์บอนเนตที่เคลือบด้วยไฟฟานียมไดออกไซด์ 7.5% โดยนำหนักของสารละลายน้ำ (ต่อ)

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
230	39	0.371428571	56	0.5	$0.435714286 \pm 0.090913729$
240	38	0.361904762	53	0.473214286	$0.417559524 \pm 0.078707719$
250	35	0.333333333	51	0.455357143	$0.394345238 \pm 0.086283863$
260	34	0.323809524	50	0.446428571	$0.385119048 \pm 0.08670476$
270	33	0.314285714	47	0.419642857	$0.366964286 \pm 0.07449875$
280	30	0.285714286	46	0.410714286	$0.348214286 \pm 0.088388348$
290	30	0.285714286	43	0.383928571	$0.334821429 \pm 0.069447987$
300	28	0.266666667	41	0.366071429	$0.316369048 \pm 0.070289781$
310	28	0.266666667	38	0.339285714	$0.30297619 \pm 0.051349421$
320	25	0.238095238	35	0.3125	$0.275297619 \pm 0.052612112$
330	24	0.228571429	33	0.294642857	$0.261607143 \pm 0.046719555$
340	23	0.219047619	33	0.294642857	$0.256845238 \pm 0.053453905$
350	23	0.219047619	30	0.267857143	$0.243452381 \pm 0.034513545$
360	23	0.219047619	30	0.267857143	$0.243452381 \pm 0.034513545$
370	23	0.219047619	28	0.25	$0.23452381 \pm 0.021886638$
380	23	0.219047619	28	0.25	$0.23452381 \pm 0.021886638$
390	23	0.219047619	28	0.25	$0.23452381 \pm 0.021886638$
400	23	0.219047619	28	0.25	$0.23452381 \pm 0.021886638$

ตารางที่ ข.11 ประสิทธิภาพการนำบัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 200 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนท์สกัดด้วยสารละลายน้ำเดิมكار์บอนเนตที่เคลือบด้วยไทดานาโนเมทิกออกไซด์ 1% โดยนำหัวนักของสารละลายน้ำเดิมที่ได้มาจากการทดสอบครั้งที่ 1 ไปทดสอบครั้งที่ 2

Time (min)	การทดสอบครั้งที่ 1		การทดสอบครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	240	1	210	1	1±0
10	220	0.916666667	205	0.976190476	0.946428571±0.042089689
20	205	0.854166667	200	0.952380952	0.90327381±0.069447987
30	200	0.833333333	198	0.942857143	0.888095238±0.077445028
40	197	0.820833333	196	0.933333333	0.877083333±0.079549513
50	195	0.8125	194	0.923809524	0.868154762±0.078707719
60	184	0.766666667	187	0.89047619	0.828571429±0.087546554
70	178	0.741666667	180	0.857142857	0.799404762±0.081653997
80	173	0.720833333	175	0.833333333	0.777083333±0.079549513
90	170	0.708333333	172	0.819047619	0.763690476±0.078286822
100	167	0.695833333	169	0.804761905	0.750297619±0.077024132
110	165	0.6875	164	0.780952381	0.73422619±0.066080812
120	161	0.670833333	160	0.761904762	0.716369048±0.064397225
130	158	0.658333333	155	0.738095238	0.698214286±0.056400184
140	155	0.645833333	153	0.728571429	0.687202381±0.058504668
150	152	0.633333333	150	0.714285714	0.673809524±0.057241978
160	149	0.620833333	148	0.704761905	0.662797619±0.059346462
170	147	0.6125	145	0.69047619	0.651488095±0.055137493
180	142	0.591666667	140	0.666666667	0.629166667±0.053033009
190	138	0.575	135	0.642857143	0.608928571±0.047982246
200	136	0.566666667	132	0.628571429	0.597619048±0.043773277
210	132	0.55	130	0.619047619	0.58452381±0.04882404
220	127	0.529166667	125	0.595238095	0.562202381±0.046719555

ตารางที่ ๔.11 ประสิทธิภาพการนำบัคก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 200 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนมที่สกัดด้วยสารละลายน้ำเดิมقاربเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 1% โดยนำหันกของสารละลายน้ำ (ต่อ)

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
230	124	0.516666667	120	0.571428571	$0.544047619 \pm 0.038722514$
240	118	0.491666667	116	0.552380952	$0.52202381 \pm 0.042931483$
250	115	0.479166667	113	0.538095238	$0.508630952 \pm 0.041668792$
260	108	0.45	110	0.523809524	$0.486904762 \pm 0.052191215$
270	100	0.416666667	105	0.5	$0.458333333 \pm 0.058925565$
280	95	0.395833333	100	0.476190476	$0.436011905 \pm 0.056821081$
290	91	0.379166667	94	0.447619048	$0.413392857 \pm 0.048403143$
300	86	0.358333333	90	0.428571429	$0.393452381 \pm 0.049665833$
310	82	0.341666667	87	0.414285714	$0.37797619 \pm 0.051349421$
320	78	0.325	80	0.380952381	$0.35297619 \pm 0.039564308$
330	74	0.308333333	75	0.357142857	$0.332738095 \pm 0.034513545$
340	69	0.2875	67	0.319047619	$0.30327381 \pm 0.022307535$
350	65	0.270833333	63	0.3	$0.285416667 \pm 0.020623948$
360	57	0.2375	58	0.276190476	$0.256845238 \pm 0.027358298$
370	52	0.216666667	53	0.252380952	$0.23452381 \pm 0.025253814$
380	48	0.2	50	0.238095238	$0.219047619 \pm 0.026937401$
390	45	0.1875	46	0.219047619	$0.20327381 \pm 0.022307535$
400	40	0.166666667	42	0.2	$0.183333333 \pm 0.023570226$

ตารางที่ ข.12 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนอนออกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 200 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนน์ที่สกัดด้วยสารละลายน้ำเดือนครึ่งบนเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 2.5% โดยนำหนักของสารละลายน้ำ

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	C_{CO}/C_{CO_0}	CO (ppm)	C_{CO}/C_{CO_0}	
0	245	1	240	1	1±0
10	235	0.959183673	230	0.958333333	0.958758503±0.000601281
20	220	0.897959184	210	0.875	0.886479592±0.016234594
30	200	0.816326531	200	0.833333333	0.824829932±0.012025626
40	187	0.763265306	188	0.783333333	0.77329932±0.014190238
50	174	0.710204082	177	0.7375	0.723852041±0.019301129
60	156	0.636734694	166	0.691666667	0.66420068±0.03884277
70	146	0.595918367	153	0.6375	0.616709184±0.029402654
80	132	0.53877551	146	0.608333333	0.573554422±0.049184808
90	122	0.497959184	133	0.554166667	0.526062925±0.039744692
100	112	0.457142857	123	0.5125	0.484821429±0.039143411
110	102	0.416326531	115	0.479166667	0.447746599±0.044434686
120	97	0.395918367	106	0.441666667	0.418792517±0.032348933
130	87	0.355102041	97	0.404166667	0.379634354±0.03469393
140	82	0.334693878	89	0.370833333	0.352763605±0.025554454
150	75	0.306122449	84	0.35	0.328061224±0.031026114
160	71	0.289795918	76	0.316666667	0.303231293±0.019000488
170	66	0.269387755	71	0.295833333	0.282610544±0.018699848
180	60	0.244897959	65	0.270833333	0.257865646±0.018339079
190	55	0.224489796	59	0.245833333	0.235161565±0.01509216
200	50	0.204081633	56	0.233333333	0.218707483±0.020684076
210	50	0.204081633	53	0.220833333	0.212457483±0.011845241
220	45	0.183673469	48	0.2	0.191836735±0.011544601

ตารางที่ ข.12 ประสิทธิภาพการนำบัดก๊าซคาร์บอนออกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 200 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนน์ที่สกัดด้วยสารละลายน้ำเดือนครึ่ง เนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 2.5% โดยนำหนักของสารละลายน้ำ (ต่อ)

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
230	41	0.167346939	43	0.179166667	0.173256803±0.00835781
240	39	0.159183673	41	0.170833333	0.165008503±0.008237553
250	35	0.142857143	37	0.154166667	0.148511905±0.007997041
260	32	0.130612245	35	0.145833333	0.138222789±0.010762935
270	28	0.114285714	30	0.125	0.119642857±0.007576144
280	28	0.114285714	29	0.120833333	0.117559524±0.004629866
290	26	0.106122449	28	0.116666667	0.111394558±0.007455888
300	24	0.097959184	28	0.116666667	0.107312925±0.013228188
310	24	0.097959184	25	0.104166667	0.101062925±0.004389353
320	19	0.07755102	23	0.095833333	0.086692177±0.012927547
330	19	0.07755102	20	0.083333333	0.080442177±0.004088713
340	16	0.065306122	20	0.083333333	0.074319728±0.012747163
350	16	0.065306122	17	0.070833333	0.068069728±0.003908328
360	13	0.053061224	17	0.070833333	0.061947279±0.012566779
370	12	0.048979592	15	0.0625	0.055739796±0.009560372
380	10	0.040816327	14	0.058333333	0.04957483±0.012386394
390	10	0.040816327	12	0.05	0.045408163±0.006493838
400	10	0.040816327	12	0.05	0.045408163±0.006493838

ตารางที่ ข.13 ประสิทธิภาพการนำบัคก้าซาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 200 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนมที่สักด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 5% โดยนำหนักของสารละลาย

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	220	1	205	1	1±0
10	205	0.931818182	200	0.975609756	0.953713969±0.030965319
20	195	0.886363636	192	0.936585366	0.911474501±0.035512125
30	185	0.840909091	187	0.912195122	0.876552106±0.050406836
40	176	0.8	179	0.873170732	0.836585366±0.051739521
50	171	0.777272727	177	0.863414634	0.820343681±0.060911526
60	168	0.763636364	170	0.829268293	0.796452328±0.046408782
70	161	0.731818182	163	0.795121951	0.763470067±0.044762525
80	158	0.718181818	156	0.76097561	0.739578714±0.03025978
90	150	0.681818182	148	0.72195122	0.701884701±0.028378343
100	143	0.65	141	0.687804878	0.668902439±0.026732086
110	137	0.622727273	133	0.648780488	0.63575388±0.018422405
120	129	0.586363636	125	0.609756098	0.598059867±0.016540968
130	124	0.563636364	120	0.585365854	0.574501109±0.01536507
140	118	0.536363636	115	0.56097561	0.548669623±0.017403293
150	110	0.5	107	0.52195122	0.51097561±0.015521856
160	105	0.477272727	102	0.497560976	0.487416851±0.014345958
170	100	0.454545455	97	0.473170732	0.463858093±0.01317006
180	96	0.436363636	90	0.43902439	0.437694013±0.001881437
190	90	0.409090909	87	0.424390244	0.416740576±0.010818263
200	87	0.395454545	82	0.4	0.397727273±0.003214122
210	80	0.363636364	76	0.370731707	0.367184035±0.005017166
220	76	0.345454545	73	0.356097561	0.350776053±0.007525748

ตารางที่ ๑.๑๓ ประสิทธิภาพการนำบัดก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 200 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนนที่สกัดด้วยสารละลายน้ำเดือนครึ่งบ่อนต์ที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ ๕% โดยนำหนักของสารละลายน้ำ (ต่อ)

Time (min)	การทดลองครั้งที่ ๑		การทดลองครั้งที่ ๒		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
230	72	0.327272727	69	0.336585366	$0.331929047 \pm 0.00658503$
240	60	0.272727273	64	0.312195122	$0.292461197 \pm 0.027907984$
250	59	0.268181818	61	0.297560976	$0.282871397 \pm 0.020774201$
260	57	0.259090909	59	0.287804878	$0.273447894 \pm 0.020303842$
270	55	0.25	56	0.273170732	$0.261585366 \pm 0.016384182$
280	53	0.240909091	52	0.253658537	$0.247283814 \pm 0.009015219$
290	50	0.227272727	51	0.248780488	$0.238026608 \pm 0.015208283$
300	45	0.204545455	48	0.234146341	$0.219345898 \pm 0.020930988$
310	42	0.190909091	43	0.209756098	$0.200332594 \pm 0.013326846$
320	40	0.181818182	41	0.2	$0.190909091 \pm 0.012856487$
330	38	0.172727273	39	0.190243902	$0.181485588 \pm 0.012386128$
340	35	0.159090909	37	0.180487805	$0.169789357 \pm 0.01512989$
350	31	0.140909091	35	0.170731707	$0.155820399 \pm 0.021087774$
360	29	0.131818182	33	0.16097561	$0.146396896 \pm 0.020617415$
370	25	0.113636364	30	0.146341463	$0.129988914 \pm 0.023125998$
380	25	0.113636364	23	0.112195122	$0.112915743 \pm 0.001019112$
390	25	0.113636364	23	0.112195122	$0.112915743 \pm 0.001019112$
400	25	0.113636364	23	0.112195122	$0.112915743 \pm 0.001019112$

ตารางที่ ช.14 ประสิทธิภาพการนำบัคก้าชาร์บอนออกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 200 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนมที่สกัดด้วยสารละลายน้ำเดือนครั้งที่เคลือบด้วยไฟฟานียน์ ไดออกไซด์ 7.5% โดยนำหนักของสารละลายน้ำเดือนครั้งที่ 2

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	245	1	230	1	1±0
10	225	0.918367347	220	0.956521739	0.937444543±0.026979229
20	205	0.836734694	200	0.869565217	0.853149956±0.023214686
30	198	0.808163265	197	0.856521739	0.832342502±0.034194605
40	195	0.795918367	194	0.843478261	0.819698314±0.033629923
50	187	0.763265306	190	0.826086957	0.794676131±0.044421615
60	185	0.755102041	187	0.813043478	0.78407276±0.040970783
70	183	0.746938776	185	0.804347826	0.775643301±0.040594329
80	180	0.734693878	182	0.791304348	0.762999113±0.040029647
90	176	0.718367347	178	0.773913043	0.746140195±0.039276739
100	174	0.710204082	175	0.760869565	0.735536823±0.035825907
110	171	0.697959184	172	0.747826087	0.722892635±0.035261225
120	169	0.689795918	167	0.726086957	0.707941437±0.025661639
130	160	0.653061224	165	0.717391304	0.685226264±0.045488236
140	158	0.644897959	160	0.695652174	0.670275067±0.035888649
150	153	0.624489796	156	0.67826087	0.651375333±0.038021891
160	148	0.604081633	149	0.647826087	0.62595386±0.030932
170	142	0.579591837	146	0.634782609	0.607187223±0.039025769
180	137	0.559183673	139	0.604347826	0.58176575±0.031935879
190	134	0.546938776	135	0.586956522	0.566947649±0.02829682
200	129	0.526530612	130	0.565217391	0.545874002±0.027355684
210	124	0.506122449	125	0.543478261	0.524800355±0.026414548
220	120	0.489795918	121	0.526086957	0.507941437±0.025661639

ตารางที่ ข.14 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 200 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนมที่สักด้วยสารละลายน้ำเดิมcarbonyl nitrateที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 7.5% โดยนำหนักของสารละลายน้ำ (ต่อ)

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	C_{CO}/C_{CO_0}	CO (ppm)	C_{CO}/C_{CO_0}	
230	116	0.473469388	118	0.513043478	$0.493256433 \pm 0.027983108$
240	112	0.457142857	114	0.495652174	$0.476397516 \pm 0.027230199$
250	107	0.436734694	109	0.473913043	$0.455323869 \pm 0.026289063$
260	101	0.412244898	103	0.447826087	$0.430035492 \pm 0.0251597$
270	96	0.391836735	98	0.426086957	$0.408961846 \pm 0.024218564$
280	91	0.371428571	95	0.413043478	$0.392236025 \pm 0.029426183$
290	85	0.346938776	87	0.37826087	$0.362599823 \pm 0.022148065$
300	81	0.330612245	83	0.360869565	$0.345740905 \pm 0.021395156$
310	76	0.310204082	79	0.343478261	$0.326841171 \pm 0.023528398$
320	72	0.293877551	75	0.326086957	$0.309982254 \pm 0.022775489$
330	65	0.265306122	67	0.291304348	$0.278305235 \pm 0.018383521$
340	61	0.248979592	64	0.27826087	$0.263620231 \pm 0.02070499$
350	59	0.240816327	60	0.260869565	$0.250842946 \pm 0.014179781$
360	54	0.220408163	55	0.239130435	$0.229769299 \pm 0.013238645$
370	50	0.204081633	53	0.230434783	$0.217258208 \pm 0.018634491$
380	46	0.187755102	48	0.208695652	$0.198225377 \pm 0.014807205$
390	41	0.167346939	45	0.195652174	$0.181499556 \pm 0.020014824$
400	38	0.155102041	40	0.173913043	$0.164507542 \pm 0.013301388$

ตารางที่ ข.15 ประสิทธิภาพการนำบัคก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 300 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนน์ที่สักด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่เคลือบด้วยไฟฟานียมไดออกไซด์ 1% โดยนำหนักของสารละลาย

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	340	1	330	1	1±0
10	320	0.941176471	315	0.954545455	0.947860963±0.009453299
20	305	0.897058824	300	0.909090909	0.903074866±0.008507969
30	295	0.867647059	290	0.878787879	0.873217469±0.007877749
40	285	0.838235294	280	0.848484848	0.843360071±0.007247529
50	270	0.794117647	275	0.833333333	0.81372549±0.027729678
60	260	0.764705882	265	0.803030303	0.783868093±0.027099458
70	255	0.75	260	0.787878788	0.768939394±0.026784348
80	260	0.764705882	255	0.772727273	0.768716578±0.00567198
90	255	0.75	250	0.757575758	0.753787879±0.00535687
100	245	0.720588235	245	0.742424242	0.731506239±0.015440389
110	250	0.735294118	240	0.727272727	0.731283422±0.00567198
120	245	0.720588235	240	0.727272727	0.723930481±0.00472665
130	230	0.676470588	235	0.712121212	0.6942959±0.025208798
140	225	0.661764706	230	0.696969697	0.679367201±0.024893688
150	220	0.647058824	225	0.681818182	0.664438503±0.024578578
160	210	0.617647059	215	0.651515152	0.634581105±0.023948358
170	200	0.588235294	205	0.621212121	0.604723708±0.023318138
180	195	0.573529412	200	0.606060606	0.589795009±0.023003028
190	190	0.558823529	198	0.6	0.579411765±0.029116162
200	186	0.547058824	190	0.575757576	0.5614082±0.020293082
210	181	0.532352941	185	0.560606061	0.546479501±0.019977972
220	176	0.517647059	179	0.542424242	0.530035651±0.017520115

ตารางที่ ข.15 ประสิทธิภาพการนำบัดก้าชครัวบอนมอนอกไชค์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 300 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนน์ที่สกัดด้วยสารละลายน้ำเดือนครัวบอนเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไกออกไชค์ 1% โดยนำหนักของสารละลายน้ำ (ต่อ)

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
230	174	0.511764706	175	0.53030303	$0.521033868 \pm 0.013108575$
240	170	0.5	169	0.512121212	$0.506060606 \pm 0.008570991$
250	167	0.491176471	165	0.5	$0.495588235 \pm 0.006239177$
260	162	0.476470588	160	0.484848485	$0.480659537 \pm 0.005924068$
270	158	0.464705882	156	0.472727273	$0.468716578 \pm 0.00567198$
280	155	0.455882353	154	0.466666667	$0.46127451 \pm 0.007625661$
290	151	0.444117647	149	0.451515152	$0.447816399 \pm 0.005230826$
300	146	0.429411765	148	0.448484848	$0.438948307 \pm 0.013486707$
310	140	0.411764706	143	0.433333333	$0.42254902 \pm 0.015251323$
320	138	0.405882353	137	0.415151515	$0.410516934 \pm 0.006554287$
330	135	0.397058824	133	0.403030303	$0.400044563 \pm 0.004222474$
340	129	0.379411765	130	0.393939394	$0.386675579 \pm 0.010272585$
350	126	0.370588235	125	0.378787879	$0.374688057 \pm 0.005798024$
360	123	0.361764706	120	0.363636364	$0.362700535 \pm 0.001323462$
370	117	0.344117647	116	0.351515152	$0.347816399 \pm 0.005230826$
380	110	0.323529412	109	0.33030303	$0.326916221 \pm 0.004789672$
390	110	0.323529412	107	0.324242424	$0.323885918 \pm 0.000504176$
400	110	0.323529412	107	0.324242424	$0.323885918 \pm 0.000504176$

ตารางที่ ข.16 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 300 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนน์ที่สกัดด้วยสารละลายน้ำเดินทางรับอนุญาตที่เคลือบด้วยไทดานีเยมได้ออกไซด์ 2.5% โดยนำหนักของสารละลายน้ำ

Time (min)	การทดสอบครั้งที่ 1		การทดสอบครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	315	1	355	1	1±0
10	315	1	345	0.971830986	0.985915493±0.019918501
20	320	1.015873016	325	0.915492958	0.965682987±0.07097942
30	310	0.984126984	315	0.887323944	0.935725464±0.068450086
40	295	0.936507937	290	0.816901408	0.876704672±0.084574587
50	280	0.888888889	265	0.746478873	0.817683881±0.100699088
60	255	0.80952381	240	0.676056338	0.742790074±0.094375754
70	220	0.698412698	215	0.605633803	0.652023251±0.065604586
80	205	0.650793651	195	0.549295775	0.600044713±0.071769836
90	190	0.603174603	177	0.498591549	0.550883076±0.073951387
100	182	0.577777778	160	0.450704225	0.514241002±0.089854571
110	175	0.555555556	147	0.414084507	0.484820031±0.100035138
120	150	0.476190476	133	0.374647887	0.425419182±0.071801453
130	142	0.450793651	120	0.338028169	0.39441091±0.079737237
140	129	0.40952381	110	0.309859155	0.359691482±0.070473553
150	119	0.377777778	100	0.281690141	0.329733959±0.06794422
160	100	0.317460317	89	0.250704225	0.284082271±0.047203685
170	94	0.298412698	84	0.236619718	0.267516208±0.043694235
180	85	0.26984127	76	0.214084507	0.241962888±0.039425985
190	80	0.253968254	69	0.194366197	0.224167226±0.042145019
200	72	0.228571429	61	0.171830986	0.200201207±0.040121552
210	67	0.212698413	59	0.166197183	0.189447798±0.032881335
220	62	0.196825397	53	0.149295775	0.173060586±0.033608518

ตารางที่ ข.16 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 300 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนท์ที่สกัดด้วยสารละลายน้ำเดี่ยมคาร์บอนเนตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไกออกไซด์ 2.5% โดยนำหานักของสารละลายน้ำ (ต่อ)

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
230	58	0.184126984	48	0.135211268	$0.159669126 \pm 0.034588635$
240	55	0.174603175	43	0.121126761	$0.147864968 \pm 0.037813535$
250	50	0.158730159	41	0.115492958	$0.137111558 \pm 0.030573318$
260	46	0.146031746	35	0.098591549	$0.122311648 \pm 0.033545285$
270	41	0.13015873	33	0.092957746	$0.111558238 \pm 0.026305068$
280	38	0.120634921	28	0.078873239	$0.09975408 \pm 0.029529968$
290	35	0.111111111	28	0.078873239	$0.094992175 \pm 0.022795618$
300	31	0.098412698	25	0.070422535	$0.084417617 \pm 0.019792034$
310	27	0.085714286	23	0.064788732	$0.075251509 \pm 0.014796601$
320	25	0.079365079	20	0.056338028	$0.067851554 \pm 0.016282584$
330	22	0.06984127	18	0.050704225	$0.060272748 \pm 0.013531934$
340	19	0.06031746	17	0.047887324	$0.054102392 \pm 0.008789434$
350	16	0.050793651	15	0.042253521	$0.046523586 \pm 0.006038784$
360	13	0.041269841	13	0.036619718	$0.03894478 \pm 0.003288133$
370	13	0.041269841	12	0.033802817	$0.037536329 \pm 0.005279984$
380	12	0.038095238	10	0.028169014	$0.033132126 \pm 0.0070189$
390	10	0.031746032	10	0.028169014	$0.029957523 \pm 0.002529333$
400	10	0.031746032	10	0.028169014	$0.029957523 \pm 0.002529333$

ตารางที่ ข.17 ประสิทธิภาพการนำบัดก้าชคาร์บอนอนออกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 300 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนท์ที่สกัดด้วยสารละลายน้ำเดือนครึ่งเดือนที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 5% โดยนำหนักของสารละลายน้ำเดือนครึ่งเดือน

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	335	1	355	1	1±0
10	330	0.985074627	340	0.957746479	0.971410553±0.019323919
20	325	0.970149254	320	0.901408451	0.935778852±0.048607088
30	320	0.955223881	295	0.830985915	0.893104898±0.087849508
40	305	0.910447761	275	0.774647887	0.842547824±0.096025012
50	285	0.850746269	260	0.732394366	0.791570317±0.083687433
60	265	0.791044776	240	0.676056338	0.733550557±0.081309104
70	250	0.746268657	225	0.633802817	0.690035737±0.079525358
80	230	0.686567164	210	0.591549296	0.63905823±0.067187779
90	215	0.641791045	200	0.563380282	0.602585663±0.055444782
100	200	0.597014925	184	0.518309859	0.557662392±0.055652886
110	189	0.564179104	174	0.490140845	0.527159975±0.052352955
120	178	0.531343284	164	0.461971831	0.496657557±0.049053025
130	169	0.504477612	151	0.425352113	0.464914862±0.055950177
140	159	0.474626866	143	0.402816901	0.438721884±0.050777313
150	151	0.450746269	133	0.374647887	0.412697078±0.053809681
160	142	0.423880597	124	0.349295775	0.386588186±0.052739434
170	133	0.397014925	118	0.332394366	0.364704646±0.045693636
180	125	0.373134328	111	0.312676056	0.342905192±0.042750454
190	120	0.358208955	105	0.295774648	0.326991802±0.044147722
200	112	0.334328358	100	0.281690141	0.30800925±0.03722084
210	105	0.313432836	92	0.25915493	0.286293883±0.038380276
220	100	0.298507463	87	0.245070423	0.271788943±0.037785693

ตารางที่ ข.17 ประสิทธิภาพการนำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น

ประมาณ 300 ppm โดยใช้แผ่นกรองไนท์ที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่เคลือบด้วยไฟฟานียมไดออกไซด์ 5% โดยนำหนักของสารละลาย (ต่อ)

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
230	94	0.280597015	83	0.233802817	0.257199916±0.033088495
240	89	0.265671642	78	0.21971831	0.242694976±0.032493913
250	84	0.250746269	72	0.202816901	0.226781585±0.033891181
260	79	0.235820896	69	0.194366197	0.215093546±0.029312898
270	74	0.220895522	63	0.177464789	0.199180156±0.030710166
280	71	0.211940299	60	0.169014085	0.190477192±0.030353417
290	66	0.197014925	56	0.157746479	0.177380702±0.027766985
300	63	0.188059701	53	0.149295775	0.168677738±0.027410236
310	59	0.176119403	48	0.135211268	0.155665335±0.02892642
320	55	0.164179104	45	0.126760563	0.145469834±0.026458904
330	51	0.152238806	43	0.121126761	0.136682783±0.021999538
340	48	0.143283582	40	0.112676056	0.127979819±0.021642789
350	46	0.137313433	37	0.104225352	0.120769392±0.023396806
360	43	0.128358209	35	0.098591549	0.113474879±0.021048207
370	41	0.12238806	33	0.092957746	0.107672903±0.020810374
380	38	0.113432836	30	0.084507042	0.098969939±0.020453625
390	35	0.104477612	28	0.078873239	0.091675426±0.018105025
400	33	0.098507463	28	0.078873239	0.088690351±0.013883492

ตารางที่ ข.18 ประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 300 ppm โดยใช้แผ่นกรองไทรที่สักด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่เคลือบด้วยไฟฟานียน์ไคออกไซด์ 7.5% โดยนำหนักของสารละลาย

Time (min)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อน
	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	CO (ppm)	$C_{CO}/C_{CO,0}$	
0	330	1	345	1	1±0
10	325	0.984848485	335	0.971014493	0.977931489±0.00978211
20	325	0.984848485	335	0.971014493	0.977931489±0.00978211
30	325	0.984848485	335	0.971014493	0.977931489±0.00978211
40	320	0.96969697	330	0.956521739	0.963109354±0.009316295
50	320	0.96969697	330	0.956521739	0.963109354±0.009316295
60	315	0.954545455	320	0.927536232	0.941040843±0.019098404
70	315	0.954545455	305	0.884057971	0.919301713±0.049842178
80	305	0.924242424	290	0.84057971	0.882411067±0.059158472
90	300	0.909090909	280	0.811594203	0.860342556±0.068940582
100	290	0.878787879	270	0.782608696	0.830698287±0.068008953
110	265	0.803030303	260	0.753623188	0.778326746±0.034936106
120	260	0.787878788	250	0.724637681	0.756258235±0.044718215
130	255	0.772727273	240	0.695652174	0.734189723±0.054500325
140	245	0.742424242	235	0.68115942	0.711791831±0.043320771
150	240	0.727272727	225	0.652173913	0.68972332±0.053102881
160	230	0.696969697	215	0.623188406	0.660079051±0.052171251
170	220	0.666666667	205	0.594202899	0.630434783±0.051239622
180	215	0.651515152	200	0.579710145	0.615612648±0.050773807
190	210	0.636363636	192	0.556521739	0.596442688±0.056456747
200	200	0.606060606	184	0.533333333	0.56969697±0.051425948
210	195	0.590909091	178	0.515942029	0.55342556±0.053009718
220	189	0.572727273	170	0.492753623	0.532740448±0.05654991

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวพัชราภรณ์ สารเสนา
ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2547-2550
 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต¹
 สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีและชีวภาพ
 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน พนักงานราชการ ตำแหน่ง ครูผู้สอน
 โรงเรียนบ้านหินลาดแสนตอ
 หมู่ 10 ตำบลคุคุมชุม อำเภอพิบูลมังสาหาร
 จังหวัดอุบลราชธานี
 โทรศัพท์ (045) 370620

